Pêches et Océans Canada | Fisheries and Oceans Canada
Sciences | Science

SCCS | **CSAS**

Secrétariat canadien de consultation scientifique | **Canadian Science Advisory Secretariat**

Document de recherche 2012/120 | **Research Document 2012/120**

Région du Québec | **Quebec region**

Analyse exploratoire du modèle ADAPT ASP NFT pour les stocks de hareng de la côte ouest de Terre-Neuve, 2000-2011

Exploratory analysis of the NFT ADAPT SPA model for the west coast of Newfoundland herring stocks, 2000-2011

François Grégoire et / *and* Jean-Louis Beaulieu

Direction des Sciences halieutiques et de l'aquaculture / Fisheries and aquaculture Science Branch
Ministère des Pêches et des Océans / Department of Fisheries and Oceans
Institut Maurice-Lamontagne / Maurice Lamontagne Institute
850 Route de la Mer
Mont-Joli, Québec
CANADA, G5H 3Z4

La présente série documente les fondements scientifiques des évaluations des ressources et des écosystèmes aquatiques du Canada. Elle traite des problèmes courants selon les échéanciers dictés. Les documents qu'elle contient ne doivent pas être considérés comme des énoncés définitifs sur les sujets traités, mais plutôt comme des rapports d'étape sur les études en cours.

This series documents the scientific basis for the evaluation of aquatic resources and ecosystems in Canada. As such, it addresses the issues of the day in the time frames required and the documents it contains are not intended as definitive statements on the subjects addressed but rather as progress reports on ongoing investigations.

Les documents de recherche sont publiés dans la langue officielle utilisée dans le manuscrit envoyé au Secrétariat.

Research documents are produced in the official language in which they are provided to the Secretariat.

Ce document est disponible sur l'Internet à: This document is available on the Internet at:
http://www.dfo-mpo.gc.ca/csas/

ISSN 1499-3848 (Imprimé / Printed)
ISSN 1919-5044 (En ligne / Online)
© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2012
© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2012
Canada

TABLE DES MATIÈRES / *TABLE OF CONTENTS*

Résumé iii

Abstract iii

1. **INTRODUCTION** 1

2. **MATÉRIEL ET MÉTHODES / *MATERIAL AND METHODS*** 2

2.1 Estimation des paramètres de la dynamique des stocks / *Estimation of the stocks dynamic parameters* 2
2.1.1 Données de la pêche commerciale / *Commercial fishery data* 2
2.1.2 Indices d'abondance / *Abundance indices* 3
2.1.3 Calibrage du modèle ADAPT ASP NFT / *Calibration of the NFT ADAPT SPA model* 3

3. **RÉSULTATS / *RESULTS*** 6

3.1 Reproducteurs de printemps / *Spring spawners* 6
3.1.1 Données de la pêche commerciale / *Commercial fishery data* 6
3.1.2 État du stock / *Stock status* 7
3.1.3 Mesures d'erreurs et résidus / *Errors measurements and residuals* 7
3.1.4 Production en surplus, abondance, mortalité par la pêche et biomasse / *Surplus production, abundance, fishing mortality and biomass* 7
3.1.5 Comparaisons des résultats avec la dernière évaluation analytique / *Comparisons of the results with the last analytical assessment* 9
3.2 Reproducteurs d'automne / *Fall spawners* 9
3.2.1 Données de la pêche commerciale / *Commercial fishery data* 9
3.2.2 État du stock / *Stock status* 10
3.2.3 Mesures d'erreurs et résidus / *Errors measurements and residuals* 10
3.2.4 Production en surplus, abondance, mortalité par la pêche et biomasse / *Surplus production, abundance, fishing mortality and biomass* 11
3.2.5 Comparaisons des résultats avec la dernière évaluation analytique / *Comparisons of the results with the last analytical assessment* 12

4. **CONCLUSION** 12

4.1 Limitations / *Limitations* 12
4.2 Prochaines étapes / *Next steps* 14

5. **REMERCIEMENTS / *ACKNOWLEDGEMENTS*** 14

6. **RÉFÉRENCES / *REFERENCES*** 14

Tableaux / *Tables* 17
Figures 31
Annexes / *Appendices* 67

La présente publication doit être citée comme suit :

Grégoire, F. et Beaulieu, J.-L. 2012. Analyse exploratoire du modèle ADAPT ASP NFT pour les stocks de hareng de la côte ouest de Terre-Neuve, 2000-2011. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Doc. de rech. 2012/120. iii + 67 pp.

Correct citation for this publication:

Grégoire, F. and Beaulieu, J.-L. 2012. Exploratory analysis of the NFT ADAPT SPA model for the west coast of Newfoundland herring stocks, 2000-2011. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/120. iii + 67 pp.

RÉSUMÉ

Des modèles exploratoires d'Analyse Séquentielle de Population (ASP) ont été appliqués sur les données de la pêche et de la dynamique des stocks de harengs de la côte ouest de Terre-Neuve. Le calibrage de ces modèles a été réalisé en utilisant un indice d'abondance provenant de trois relevés acoustiques réalisés entre 2009 et 2011. Malgré le faible nombre de relevés, des résultats similaires aux évaluations précédentes ont été obtenus pour les années couvertes par les deux modèles. Par contre, des problèmes d'ajustement ont été observés pour certains groupes d'âge en raison du faible nombre de relevés et possiblement de problèmes de lecture d'âge. Les modèles exploratoires suggèrent que les biomasses reproductrices sont à la baisse depuis 2001 chez les reproducteurs de printemps et depuis 2006 chez les reproducteurs d'automne. De plus, les mortalités par la pêche seraient à la baisse depuis 2009 chez les reproducteurs de printemps et à la hausse depuis 2004 chez les reproducteurs d'automne. Les prochaines étapes consistent à poursuivre la série de relevés acoustiques, à produire des évaluations analytiques crédibles et à mettre à jour les points de référence limites. Ces étapes sont essentielles en vue de la certification de la pêche à la senne bourse.

ABSTRACT

Exploratory Sequential Population Analysis (SPA) models were applied to the fishery and stock dynamics data of the west coast of Newfoundland herring. Calibration of these models was performed using an abundance index from three acoustic surveys conducted between 2009 and 2011. Despite the small number of surveys, results similar to previous assessments were obtained for the years covered by the two models. However, adjustment problems were observed for some age groups due to the small number of surveys and possibly to age reading problems. The exploratory models suggest that the spawning biomasses have been decreasing since 2001 for the spring spawners and since 2006 for the fall spawners. The fishing mortalities would be decreasing since 2009 for the spring spawners and increasing since 2004 for the fall spawners. The next steps consist in continuing the acoustic survey series, rebuilding credible analytical assessments, and updating the limit reference points. These steps are essential in sight of the purse seine fishery certification.

1. INTRODUCTION

Deux stocks de hareng (*Clupea harengus*) se retrouvent sur la côte ouest de Terre-Neuve (Division 4R de l'OPANO). Leur exploitation est gérée à l'aide d'un Plan de Gestion Intégrée de la Pêche (PGIP) (MPO 2011) dont les objectifs sont la conservation de la ressource et le rendement à long terme de la pêche. La pêche est réalisée à l'aide de petits et de grands senneurs, de sennes "tuck", de filets maillants et de trappes (Grégoire *et al.* 2012).

L'abondance des stocks de hareng de la côte ouest de Terre-Neuve a déjà été évaluée à l'aide d'un modèle analytique de type ASP (Analyse Séquentielle de Population) (McQuinn *et al.* 1999a ; Grégoire et Lefebvre 2002 ; Grégoire *et al.* 2004a, 2004b). Le calibrage de ce modèle était réalisé à l'aide d'une série temporelle d'un indice d'abondance provenant de relevés acoustiques réalisés entre 1991 et 2002 (McQuinn et Lefebvre 1995, 1996, 1999b).

Suite aux recommandations du Conseil pour la conservation des ressources halieutiques (CCRH 2009), une deuxième série de relevés acoustiques a été amorcée à l'automne 2009 (Beaulieu *et al.* 2010 ; Grégoire *et al.* 2012). Bien que trois relevés seulement aient été réalisés jusqu'à maintenant, la présente étude a pour objectifs de mettre à jour les paramètres de la dynamique des stocks et d'explorer de nouveaux modèles analytiques. Les diagnostics et les résultats associés à ces modèles sont présentés ici à titre illustratif.

1. INTRODUCTION

Two herring (*Clupea harengus*) stocks are found on the west coast of Newfoundland (NAFO Division 4R). Their exploitation is managed using an Integrated Fisheries Management Plan (IFMP) (DFO 2011) whose objectives are resource conservation and long term yield of the fishery. The fishery is prosecuted by small and large seiners, "tuck" seines, gillnets, and traps (Grégoire *et al.* 2012).

The abundance of west coast of Newfoundland herring stocks has previously been assessed using a SPA-type (Sequential Population Analysis) analytical model (McQuinn *et al.* 1999a; Grégoire and Lefebvre 2002; Grégoire *et al.* 2004a, 2004b). Calibration of this model was done using an abundance index time series from acoustic surveys conducted between 1991 and 2002 (McQuinn and Lefebvre 1995, 1996, 1999b).

Following recommendations from the Fisheries Resource Conservation Council (FRCC 2009), a second series of acoustic surveys was initiated in the fall of 2009 (Beaulieu *et al.* 2010; Grégoire *et al.* 2012). Although only three surveys have been carried out to date, the present study aims to update the stocks dynamic parameters and to explore new analytical models. The diagnostics and results associated to these models are presented here for illustrative purposes.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 ESTIMATION DES PARAMÈTRES DE LA DYNAMIQUE DES STOCKS

2.1.1 Données de la pêche commerciale

La capture ('000) à l'âge a été tirée de Grégoire *et al.* (2004a,b) et complétée pour la période 2004-2011 pour les reproducteurs de printemps et pour 2003-2011 pour les reproducteurs d'automne. Aussi, les données de capture de la senne "tuck" sont maintenant incluses dans la capture à l'âge. La capture à l'âge de 2011 est préliminaire (Tableaux 1, 2, 8 et 9).

Les poids (kg) à l'âge de la capture (Tableaux 3 et 10) ont été calculés à partir des échantillons commerciaux recueillis dans les principaux ports de débarquement (Grégoire *et al.* 2012). La série des poids à l'âge a été complétée jusqu'en 2011 mais les données de 2011 sont préliminaires. Les poids à l'âge ont été utilisés pour convertir les captures à l'âge en nombres en captures à l'âge en biomasse (Tableaux 4 et 11) et les abondances à l'âge, déterminées par l'ASP, en biomasses de la population à l'âge.

Les poids (kg) à l'âge de la capture ont été convertis en poids (kg) à l'âge de la population (Tableaux 5 et 12) à l'aide de la méthode Rivard (NOAA Fisheries Toolbox 2009a). Ces poids à l'âge ont été utilisés pour convertir les abondances à l'âge en biomasses de la population à l'âge en début d'année (1er Janvier).

Depuis 2003, les proportions de poissons matures à l'âge des reproducteurs de printemps sont calculées à partir des données biologiques recueillies au quatrième trimestre et non plus au deuxième trimestre. Ce changement de période a été occasionné par une importante diminution des échantillons commerciaux suite à une redirection de

2. MATERIAL AND METHODS

2.1 ESTIMATION OF THE STOCKS DYNAMIC PARAMETERS

2.1.1 Commercial fishery data

The catch at age ('000) was taken from Grégoire *et al.* (2004a,b) and completed for the 2004-2011 period for spring spawners and for 2003-2011 for fall spawners. Also, "tuck" seine catch data are now included in the catch at age. The 2011 catch at age is preliminary (Tables 1, 2, 8 and 9).

Weights at age (kg) of the catch (Tables 3 and 10) were calculated from commercial samples collected at the main landing ports (Grégoire *et al.* 2012). The weight at age series was completed until 2011 but the 2011 data are preliminary. Weights at age were used to convert catches at age by numbers into catches at age in biomass (Tables 4 and 11) and abundances at age, determined by the SPA, into population biomass at age.

Weights at age (kg) of catches were converted into population weights at age (kg) (Tables 5 and 12) using the Rivard method (NOAA Fisheries Toolbox 2009a). These weights at age were used to convert abundances at age into population biomasses at age at the beginning of the year (January 1st).

Since 2003, the proportions of mature fish at age of the spring spawners are calculated from biological data collected in the fourth quarter rather than the second quarter. This change in period was caused by a significant decrease in commercial samples following a redirection of fishing effort from spring to fall. The proportions of mature fish at age

l'effort de pêche du printemps vers l'automne. Les proportions de poissons matures à l'âge ont été calculées à l'aide de la procédure "Logistic" de SAS (SAS Institute Inc. 1989) (Tableaux 6 et 13). Ces proportions ont été utilisées pour convertir les biomasses à l'âge en biomasses reproductrices à l'âge.

2.1.2 Indices d'abondance

Les deux indices d'abondance à l'âge utilisés pour le calibrage des modèles d'ASP proviennent du relevé acoustique automnal (Grégoire *et al.* 2012). Ces indices, associés aux deux stocks reproducteurs, sont exprimés en nombres ('000) de harengs et comprennent les âges 2 à 11^+ (Tableaux 7 et 14).

2.1.3 Calibrage du modèle ADAPT ASP NFT

Le calibrage de plusieurs modèles d'ASP a été réalisé en utilisant l'indice d'abondance (nombres à l'âge) des relevés acoustiques réalisés entre 2009 et 2011. Ces modèles ont été réalisés en utilisant les données d'entrée de la période 2000-2011. Des résultats aberrants (des biomasses de plusieurs millions de tonnes) ont été obtenus en incluant l'indice d'abondance des relevés réalisés entre 1991 et 2002 et l'indice des PUE des reproducteurs de printemps de la période 1985-2003. Des résultats aberrants ont aussi été obtenus lorsque les données d'entrée incluaient les années antérieures à 2000.

L'exploration des modèles d'ASP a été réalisée en utilisant le modèle ADAPT NFT, version 3.2.0 (NOAA Fisheries Toolbox 2009b). Par rapport au modèle ADAPT de Gavaris (1999) utilisé lors des évaluations précédentes, le modèle NFT comporte plusieurs avantages. Par exemple, l'interface tout en étant plus convivial offre la possibilité d'explorer et d'examiner rapidement les résultats de plusieurs modèles. Le fichier des données d'entrée

were calculated using the SAS "Logistic" procedure (SAS Institute Inc. 1989) (Tables 6 and 13). These proportions were used to convert biomasses at age into spawning biomasses at age.

2.1.2 Abundance indices

The two abundance indices at age used for calibrating the SPA models come from the fall acoustic survey (Grégoire *et al.* 2012). These indices, associated with the two spawning stocks, are expressed in herring numbers ('000) and include ages 2-11^+ (Tables 7 and 14).

2.1.3 Calibration of the NFT ADAPT SPA model

Calibration of several SPA models was realized by using the abundance index (numbers at age) from the acoustic surveys conducted between 2009 and 2011. These models were realized by using the input data of the 2000-2011 period. Unusual results (biomass of several million tons) were obtained by including the acoustic index of the surveys conducted between 1991 and 2002 and the CPUE index of the spring spawners of the 1985-2003 period. Unusual results were also obtained when the input data included the years prior to 2000.

The SPA models were examined using the ADAPT NFT model, version 3.2.0 (NOAA Fisheries Toolbox 2009b). Compared with the ADAPT model of Gavaris (1999) used in previous assessments, the NFT model has several advantages. For example, the interface is more user friendly and offers the possibility of quickly exploring and examining the results of several models. The input data file can also be read by

peut aussi être lu par d'autres modèles ou programmes NFT (Age Structured Assessment Program, Management Strategy Evaluation, Population Simulator et Statistical Catch-at-age model) et les résultats peuvent être exportés pour être analysés en langage R. Contrairement au modèle Gavaris, l'analyse rétrospective est réalisée automatiquement et peut être combinée à une analyse de permutations (bootstrap). Finalement, le modèle NFT est toujours supporté (ce qui n'est malheureusement plus le cas du modèle Gavaris) et fait l'objet de mises à jour régulières.

Les modèles d'ASP retenus pour les deux stocks reproducteurs de hareng de la côte ouest de Terre-Neuve avaient les caractéristiques suivantes :

(a) Paramètres de la dynamique des stocks :

- *Population en nombre en 2012* : $N_{i,t}$ (i=âges 3,...11^+ ; t=2012)
- *Coefficients de capturabilité* : q_i (i=2,...11^+)
- *Nombre de paramètres* : 9
- *Nombre de résidus* : 28

(b) Structure imposée :

- *Mortalité naturelle (M)* : Fixée à 0.2 pour tous les âges et toutes les années
- *Recrutement à l'âge 2 en 2012* : Moyenne géométrique des abondances de la période 2005-2010
- *Mortalité par la pêche (F) pour l'année terminale* : Méthode modifiée de Heinke (NOAA Fisheries Toolbox 2009b)
- *Mortalité par la pêche (F) pour*

other NFT programs or models (Age Structured Assessment Program, Management Strategy Evaluation, Population Simulator and Statistical Catch-at-age model) and results can be exported for R language analysis. Unlike the Gavaris model, retrospective analysis is performed automatically and can be combined with bootstrap analysis. Finally, the NFT model is still supported (which is unfortunately no longer the case for the Gavaris model) and is regularly updated.

The SPA models selected for the two herring stocks of the west coast of Newfoundland had the following features:

(a) Stock-dynamic parameters:

- *Population in numbers in 2012*: $N_{i,t}$ (i=ages 3,...11^+ ; t=2012)
- *Catchability coefficients*: q_i (i=2,...11^+)
- *Number of parameters*: 9
- *Number of residuals*: 28

(b) Imposed structure:

- *Natural mortality (M)*: Set at 0.2 for all ages and all years
- *Recruitment at age 2 in 2012*: Geometric mean of abundances for the 2005-2010 period
- *Fishing mortality (F) in the final year*: Heinke's modified method (NOAA Fisheries Toolbox 2009b)
- *Fishing mortality (F) for the final*

l'année terminale et le dernier groupe d'âge : Le produit de F par le recrutement partiel

- *Mortalité par la pêche (F) au dernier groupe d'âge* :
  Méthode Heinke appliquée aux âges 9 et 10

- *Calcul du groupe d'âge plus* :
  Projections vers l'avant (''forward'')

- *Rapport entre F du groupe plus et F du dernier vrai groupe d'âge (10)* : 1

(c) Données d'entrée :

- *Capture à l'âge* :
  $C_{i,t}$ (i=2,... 11^+ ; t=2000-2011)

- *Indice d'abondance à l'âge* :
  $A_{i,t}$ (i=2,... 11^+ ; t=2009, 2010, 2011)

(d) Fonction à minimiser :

year and last age group: The product of F and the partial recruitment

- *Fishing mortality (F) for the last age group*:
  Heinke's method applied to ages 9 and 10

- *Calculation of the plus age group*:
  Forward projections

- *Ratio between F of the plus group and F of the last real age group (10)*: 1

(c) Input data:

- *Catch at age*:
  $C_{i,t}$ (i=2,... 11^+; t=2000-2011)

- *Abundance index at age*:
  $A_{i,t}$ (i=2,... 11^+; t=2009, 2010, 2011)

(d) Minimization function:

$$\sum_{i,t}[\ln(A_{i,t}) - \ln(q_i) \times N_{i,t})]^2$$

Les sélectivités à l'âge calculées à partir des mortalités par la pêche ont été utilisées dans une analyse de rendement par recrue à l'aide de la procédure YPR (NOAA Fisheries Toolbox 2009c) afin de déterminer les points de référence limites $F_{0.1}$ et $F_{40\%}$. Ce dernier est considéré comme une approximation de F_{msy} (Clark 1993; Mace 1994). Les données d'entrée à cette analyse sont présentées aux Annexes 1 et 2.

Selectivity at age calculated from fishing mortalities was used for a yield-per-recruit analysis using the YPR procedure (NOAA Fisheries Toolbox 2009c) in order to determine $F_{0.1}$ and $F_{40\%}$ limit reference points. The latter is considered an approximation of F_{msy} (Clark 1993; Mace 1994). Input data for this analysis are presented in Appendices 1 and 2.

3. RÉSULTATS

3.1 REPRODUCTEURS DE PRINTEMPS

3.1.1 Données de la pêche commerciale

La capture à l'âge des reproducteurs de printemps de 2011 était caractérisée par la dominance des groupes d'âge 8 et 9 qui correspondent aux classes d'âge de 2003 et 2002 (Figure 1A). À elles seules, ces deux classes d'âge ont compté pour 65,14 % de toutes les captures (en nombre) réalisées en 2011. Les autres classes d'âge dominantes qui ont été observées au cours des ans ont été celles de 1959, 1968, 1974, 1980, 1982, 1987, 1990, 1994, 1996 et 1999 (Figure 1B).

La biomasse (t) de la capture a grandement fluctué au cours des ans (Figure 2A). Néanmoins, elle a présenté une tendance nette à la hausse entre 1965 et 1991 suivie d'une baisse jusqu'en 2011. L'âge moyen des captures a aussi fluctué au cours des ans (Figure 2B). L'âge moyen a augmenté dans les années 1970. Une seconde augmentation à partir du milieu des années 1980 peut être attribuée au vieillissement des classes d'âge dominantes de 1980, 1982 et 1987 (Figure 1A). L'âge moyen a aussi augmenté depuis le début des années 2000 en raison du vieillissement de la classe d'âge dominante de 2002.

C'est dans les années 1960 et 1980 que les poids (kg) moyens à l'âge ont été les plus élevés (Figure 3A). Les plus faibles valeurs, des âges 5 à 9 ans, ont été observées en 2010 et 2011 (Figures 3A et 3B).

Plus de 90 % des harengs de 5 ans étaient matures et ce nombre s'élève à 100 % chez les 6^{+} (Figure 3C). Les plus faibles proportions de maturité ont été observées aux âges 3, 4 et 5 des années 2010 et 2011.

3. RESULTS

3.1 SPRING SPAWNERS

3.1.1 Commercial fishery data

Catch at age for 2011 spring spawners was characterized by the dominance of age groups 8 and 9, which correspond to the 2003 and 2002 year-classes (Figure 1A). These two year-classes alone accounted for 65.14% of all catches (in numbers) made in 2011. The other dominant year-classes observed in this stock have been 1959, 1968, 1974, 1980, 1982, 1987, 1990, 1994, 1996, and 1999 (Figure 1B).

Catch biomass (t) has fluctuated considerably over the years (Figure 2A). Nevertheless, it presented a clear upward trend between 1965 and 1991, followed by a decline until 2011. Mean age of catch has also fluctuated over the years (Figure 2B). The mean age increased in the 1970s. A second increase from the mid-1980s can be attributed to the aging of the dominant 1980, 1982, and 1987 year-classes (Figure 1A). Mean age has also increased since the beginning of the 2000s due to the aging of the dominant 2002 year-class.

Mean weight at age (kg) was highest in the 1960s and 1980s (Figure 3A). The lowest values, from ages 5-9, were observed in 2010 and 2011 (Figures 3A and 3B).

Over 90% of age 5 herring were mature and that number increased to 100% for ages 6^{+} (Figure 3C). The lowest proportions of maturity were observed at ages 3, 4 and 5 in 2010 and 2011.

3.1.2 État du stock

L'indice d'abondance du relevé acoustique a connu une chute importante entre 1991 et 1995 (Figure 4A). Cette chute a été occasionnée par le déclin des classes d'âges dominantes de 1982 et 1987 (Figure 4B). L'indice a peu varié jusqu'en 2002. Une autre chute d'abondance s'est produite quelque part entre 2002 et 2009 parce que l'indice était de presque six fois inférieur lorsque le relevé fut repris en 2009. Une légère hausse de l'indice peut être détectée pour les trois derniers relevés quoique non significative.

3.1.3 Mesures d'erreurs et résidus

La plupart des abondances à l'âge prédites par le modèle d'ASP se sont avérées similaires aux abondances observées ce qui dénote en général un ajustement raisonnable du modèle (Figure 5). Cependant, des différences notables ont été mesurées aux âges 3 en 2011, 6 en 2009, 7 en 2010, 9 en 2011, 10 en 2009 et 2011 et 11^+ en 2010 et 2011. Ces différences se traduisent aussi par des résidus plus élevés (Figure 6). Les résidus présentent un patron annuel avec des valeurs majoritairement négatives en 2009 et positives en 2011 (Figure 7). Ce patron s'explique par le faible nombre de relevés utilisé dans le modèle d'ASP. Les résidus élevés aux âges 10 et 11^+ indiquent des problèmes d'ajustement au modèle et possiblement de lecture d'âge.

De faibles coefficients de capturabilité ont été déterminés pour les âges 2 à 4 ans (Figure 8). Entre 4 et 9 ans, ils sont passés de 0,03 à 0,34 avec une valeur maximale de 0,66 à 10 ans. Une valeur de 0,27 a été calculée pour l'âge 11^+.

3.1.4 Production en surplus, abondance, mortalité par la pêche et biomasse

La production en surplus présente des variations annuelles importantes

3.1.2 Stock status

The abundance index from the acoustic survey dropped significantly between 1991 and 1995 (Figure 4A). This drop was caused by the decline of the dominant year-classes of 1982 and 1987 (Figure 4B). The index varied little until 2002. Another drop in abundance occurred sometime between 2002 and 2009 because the index was nearly six times lower when the survey resumed in 2009. A slight increase in the index can be detected in the last three surveys although non-significative.

3.1.3 Errors measurements and residuals

Most of the abundances at age predicted by the SPA model were similar to the abundances observed, indicating a reasonable model fit in general (Figure 5). However, significant differences were measured at age 3 in 2011, 6 in 2009, 7 in 2010, 9 in 2011, 10 in 2009 and 2011, and 11^+ in 2010 and 2011. These differences also translate into higher residuals (Figure 6). Residuals show an annual pattern with predominantly negative values in 2009 and positive values in 2011 (Figure 7). This pattern can be explained by the low number of surveys used in the SPA model. High residuals at ages 10 and 11^+ indicate problems of model adjustment and possibly of age reading.

Low catchability coefficients were determined for ages 2-4 (Figure 8). Between ages 4 and 9, they increased from 0.03 to 0.34 with a maximum value of 0.66 at age 10. A value of 0.27 was calculated for age 11^+.

3.1.4 Surplus production, abundance, fishing mortality and biomass

Surplus production showed significant annual variations (Figure 9A). Positive

(Figure 9A). Des valeurs positives ont été obtenues en 2000, 2003, 2004, 2006 et depuis 2009. La biomasse de la capture présente une tendance à la baisse depuis 2002. Elle a aussi été inférieure à la production en surplus en 2000, 2003 et depuis 2009 (Figure 9B). Il existe une relation linéaire significative ($p<0,05$) entre la biomasse (1er Janvier) du stock et la biomasse de la capture (Figure 9C).

Le modèle exploratoire d'ASP indique une baisse de l'abondance des harengs des âges 2^+ entre 2000 et 2008, suivie d'une hausse jusqu'en 2010 et d'une légère baisse jusqu'en 2012 (Figure 10A). Les harengs des âges 4^+ ont vu leur abondance augmenté entre 2005 et 2007 et depuis 2010 en raison des classes d'âges dominantes de 2002 et 2008. Ces deux classes d'âge se situent au-dessus du niveau de recrutement élevé de la période 2000-2010 (Figure 10B) et présentent aussi les valeurs les plus élevées du recrutement pour cette période (Figure 10C).

Le modèle exploratoire d'ASP indique aussi que les mortalités par la pêche ont connu une hausse importante entre 2000 et 2002 (Figure 11A), une diminution jusqu'en 2007 puis une augmentation jusqu'en 2009. Une autre baisse est observée depuis. Toutes les mortalités par la pêche déterminées par l'ASP sont inférieures à $F_{0.1}$ (0,38) et $F_{40\%}$ (0,36). Les taux d'exploitation ont généralement été inférieurs à 20 % (Figure 11B). Ils sont à moins de 10 % depuis 2010.

La biomasse totale des harengs 2^+ a diminué entre 2001 et 2009 et est à la hausse depuis (Figure 12A). La biomasse reproductrice des 2^+ présente une baisse entre 2001 et 2010 suivie d'une légère hausse en 2011 (Figure 12B).

Les biomasses reproductrices mesurées depuis 2006 se retrouvent sous le point de référence limite établi à 37 384 t (McQuinn *et al.* 1999a) (Figure 13A). Il n'y a pas de relations significatives entre la biomasse

values were obtained in 2000, 2003, 2004, 2006 and since 2009. Catch biomass has presented a downward trend since 2002. It was also below the surplus production in 2000, 2003, and since 2009 (Figure 9B). A significant ($p<0.05$) linear relationship exists between stock biomass (January 1st) and catch biomass (Figure 9C).

The SPA exploratory model showed a decline in the abundance of herring ages 2^+ between 2000 and 2008, followed by an increase until 2010 and a slight decrease until 2012 (Figure 10A). The abundance of herring ages 4^+ increased between 2005 and 2007 and since 2010 due to the dominant year-classes of 2002 and 2008. These two year-classes are above the high recruitment level for the 2000-2010 period (Figure 10B) and also presented the highest recruitment values for this period (Figure 10C).

The exploratory SPA model also indicates that fishing mortalities increased between 2000 and 2002 (Figure 11A), declined until 2007 and then increased until 2009. Another decrease has since been observed. All fishing mortalities calculated by the SPA are below $F_{0.1}$ (0.38) and $F_{40\%}$ (0.36). Exploitation rates have generally been below 20% (Figure 11B). They have been less than 10% since 2010.

Total biomass for herring ages 2^+ decreased between 2001 and 2009 and has increased since (Figure 12A). Spawning biomass of ages 2^+ showed a decline between 2001 and 2010 followed by a slight increase in 2011 (Figure 12B).

Spawning biomasses measured since 2006 have been below the limit reference point set at 37,384 t (McQuinn *et al.* 1999a) (Figure 13A). There are no significant relationships between

reproductrice, le recrutement (Figure 13A) et la mortalité par la pêche (Figure 13B).

3.1.5 Comparaisons des résultats avec la dernière évaluation analytique

Les abondances calculées par le modèle exploratoire d'ASP pour les années 2000 à 2004 sont très similaires à celles obtenues lors de la dernière évaluation (Grégoire *et al.* 2004b) (Figures 14A et 14B). Il en est de même des mortalités par la pêche (2000-2003) (Figures 15A et 15B), des biomasses totales (2000-2004) (Figures 16A et 16B) et reproductrices (2000-2003) (Figures 17A et 17B).

3.2 REPRODUCTEURS D'AUTOMNE

3.2.1 Données de la pêche commerciale

La capture à l'âge des reproducteurs d'automne de 2011 était caractérisée par la dominance des groupes d'âge 10 et 9 ans des classes d'âge 2001 et 2002 (Figure 18A). À elles seules, ces deux classes d'âge ont compté pour 62,29 % de toutes les captures réalisées en 2011. Les autres classes d'âge dominantes qui ont été observées au cours des ans sont celles de 1962, 1973, 1979, 1988, 1990, 1995 et 2000 (Figure 18B).

Les biomasses (t) de la capture ont grandement fluctué au cours des ans (Figure 19A). Après une hausse importante en 1971 et 1972 suivie d'une diminution de même ampleur en 1974, elles ont augmenté de 2 310 t en 1975 à 18 370 t en 2011. L'âge moyen des captures a été relativement stable entre 1971 et 1981 (Figure 19B). Une baisse a été observée jusqu'en 1985 suivie d'une hausse jusqu'en 1990. Une baisse de l'âge moyen a aussi été observée entre 1990 et 2003 suivie d'une hausse depuis 2005. Les hausses observées au milieu des années 1980 et depuis 2003 sont reliées au vieillissement des classes d'âge dominantes de 1979, 2000 et 2001 (Figure 18A).

spawning biomass, recruitment (Figure 13A) and fishing mortality (Figure 13B).

3.1.5 Comparisons of the results with the last analytical assessment

Abundances calculated by the exploratory SPA model for 2000-2004 are very similar to those obtained during the last assessment (Grégoire *et al.* 2004b) (Figures 14A and 14B). The same is true for fishing mortalities (2000-2003) (Figures 15A and 15B), total biomass (2000-2004) (Figures 16A and 16B) and spawning biomass (2000-2003) (Figures 17A and 17B).

3.2 FALL SPAWNERS

3.2.1 Commercial fishery data

The catch at age for 2011 fall spawners was characterized by the dominance of age groups 10 and 9 of the 2001 and 2002 year-classes (Figure 18A). These two year-classes alone accounted for 62.29% of all catches made in 2011. The other dominant year-classes observed over the years have been 1962, 1973, 1979, 1988, 1990, 1995, and 2000 (Figure 18B).

Catch biomasses (t) have fluctuated considerably over the years (Figure 19A). After a substantial increase in 1971 and 1972 followed by a decrease of similar magnitude in 1974, they increased from 2,310 t in 1975 to 18,370 t in 2011. The mean age of catch was relatively stable between 1971 and 1981 (Figure 19B). A decrease was observed until 1985 followed by an increase until 1990. A decrease of the mean age was also observed between 1990 and 2003 followed by an increase since 2005. The increases in the mid-1980s and since 2003 are linked to the aging of the dominant 1979, 2000, and 2001 year-classes (Figure 18A).

Les poids (kg) moyens à l'âge les plus élevés ont été observés dans les années 1980 (Figure 20A) et les plus faibles, pour les âges 3 à 11^+, en 2010 et 2011 (Figures 20A et 20B).

Plus de 90 % des harengs de 6 ans étaient matures comparativement à 100 % pour les âges 7^+ (Figure 20C). Aux âges 5 et 6, les plus faibles proportions de maturité ont été observées en 2010 et 2011.

3.2.2 État du stock

L'indice d'abondance du relevé acoustique a relativement été stable entre 1991 et 2002 (Figure 21A). L'indice a peu varié en 2009 et 2010 mais a présenté une hausse très importante en 2011. Cette hausse est attribuable à la présence en grand nombre des poissons des classes d'âge de 2001 et 2002 (Figure 21B). Ces deux classes d'âge à elles seules comptent pour près de 50 % de l'indice d'abondance.

3.2.3 Mesures d'erreurs et résidus

Des différences notables ont été mesurées entre les abondances à l'âge prédites par le modèle exploratoire d'ASP et les abondances observées (Figure 22) aux âges 3 en 2011, 4 à 7 en 2009 et 2011, 9 en 2009, 2010 et 2011, et finalement 10 et 11^+ en 2011. Ces différences ont occasionné des résidus plus importants par rapport aux autres groupes d'âge (Figure 23). Les résidus présentent aussi un patron annuel avec des valeurs majoritairement négatives en 2009 et positives en 2011 (Figure 24). Comme dans le cas des reproducteurs de printemps, ce patron peut s'expliquer partiellement par le faible nombre de relevés utilisés dans le modèle exploratoire mais aussi dans l'écart élevé dans la biomasse observée entre 2010 et 2011 (Figure 21A) en raison principalement de la forte apparence des poissons de 9 et 10 ans. Cette incohérence a également été notée dans les estimations du coefficient de capturabilité qui ont augmenté de façon

The highest mean weight at age (kg) were observed in the 1980s (Figure 20A) and the lowest, for ages 3-11^+, in 2010 and 2011 (Figures 20A and 20B).

Over 90% of age 6 herring were mature and that number increased to 100% for ages 7^+ (Figure 20C). At ages 5 and 6, the lowest proportions of maturity were observed in 2010 and 2011.

3.2.2 Stock status

The abundance index from the acoustic survey was relatively stable between 1991 and 2002 (Figure 21A). The index varied little in 2009 and 2010 but showed a very significant increase in 2011. This increase is attributable to the occurrence in large numbers of fish from the 2001 and 2002 year-classes (Figure 21B). These two year-classes alone account for almost 50% of the abundance index.

3.2.3 Errors measurements and residuals

Significant differences were measured between the abundances at age predicted by the exploratory SPA model and the observed abundances (Figure 22) at ages 3 in 2011, 4-7 in 2009 and 2011, 9 in 2009, 2010 and 2011, and finally 10 and 11^+ in 2011. These differences led to higher residuals compared to the other age groups (Figure 23). Residuals also showed an annual pattern with predominantly negative values in 2009 and positive values in 2011 (Figure 24). As it was the case with the spring spawners, this pattern can be explained partially by the low number of surveys used in the exploratory model but also by the high jump in the observed biomass between 2010 and 2011 (Figure 21A) caused mainly by the strong appearance of 9 and 10 year-old fish. This incoherency was also noted in the catchability coefficient estimates, which increased

monotone avec l'âge (Figure 25). De faibles coefficients ont été déterminés pour les 2 et 3 ans. Entre les âges 4 et 7, ils ont augmenté de 0,33 à 0,63 et entre les âges 8 et 11^{+}, de 0,94 à 1,51.

Dans l'ensemble, un moins bon ajustement du modèle a été obtenu pour les reproducteurs d'automne avec une somme des résidus au carré de 18,0 comparativement à 16,0 pour les reproducteurs de printemps.

3.2.4 Production en surplus, abondance, mortalité par la pêche et biomasse

Selon la sortie du modèle, la production en surplus a atteint des valeurs supérieures à 30,000 t en 2001, 2002 et 2003 (Figure 26A). Des valeurs négatives ou nulles ont été calculées entre 2004 et 2007. La production en surplus est à la hausse depuis 2008 passant de 1 397 t à 7 246 t en 2011. La biomasse de la capture a présenté une tendance nette à la hausse entre 2000 et 2011. Elle a été supérieure à la production en surplus sauf entre 2001 et 2003 (Figure 26B). Il n'existe pas de relation significative ($p>0,05$) entre la biomasse (1^{er} Janvier) du stock et la biomasse de la capture (Figure 26C).

Le modèle exploratoire d'ASP indique une augmentation de l'abondance des harengs des âges 2^{+} entre 2001 et 2003 suivie d'une baisse jusqu'en 2011 (Figure 27A). La hausse est attribuable aux classes d'âge de 2000 et 2001 qui se situent au-dessus du niveau de recrutement élevé (Figure 27B) ainsi que de représenter les taux de recrutement les plus élevés (Figure 27C) de la période 2010-2012.

Le modèle exploratoire d'ASP indique aussi que les mortalités par la pêche des harengs des âges 4^{+} sont à la hausse depuis 2004 (Figure 28A). Les mortalités par la pêche estimées sont toutes inférieures à $F_{0.1}$ (0,35) et $F_{40\%}$ (0,35) sauf pour les harengs des âges 7^{+} en 2001, 2006 et 2011. Les taux d'exploitation sont à la hausse depuis 2004

monotonically with age (Figure 25). Low coefficients were determined for ages 2 and 3. Between ages 4 and 7, they increased from 0.33 to 0.63 and between ages 8 and 11^{+}, from 0.94 to 1.51.

Overall, a poorer adjustment of the model was obtained for fall spawners with a sum of squared residuals of 18.0 compared to 16.0 for the spring spawners.

3.2.4 Surplus production, abundance, fishing mortality and biomass

According to the model output, surplus production reached values greater than 30,000 t in 2001, 2002, and 2003 (Figure 26A). Negative or zero values were calculated between 2004 and 2007. Surplus production has been increasing since 2008 from 1,397 t to 7,246 t in 2011. Catch biomass showed a clear upward trend between 2000 and 2011. It was higher than the surplus production between 2001 and 2003 (Figure 26B). There is no significant ($p>0.05$) relationship between stock biomass (January 1^{st}) and catch biomass (Figure 26C).

The exploratory SPA model indicated an increase in ages 2^{+} herring abundance between 2001 and 2003 followed by a decrease until 2011 (Figure 27A). The increase was attributable to the 2000 and 2001 year-classes which were above the high recruitment level (Figure 27B) as well as representing the highest recruitment rates (Figure 27C) of the 2010-2012 period.

The exploratory SPA model also indicates that fishing mortalities of herring of ages 4^{+} have been increasing since 2004 (Figure 28A). Estimated fishing mortalities were all below $F_{0.1}$ (0.35) and $F_{40\%}$ (0.35) except for herring of ages 7^{+} in 2001, 2006, and 2011. Exploitation rates have been increasing

et à 15 % et plus depuis 2008 (Figure 28B).

Les biomasses totales des harengs des âges 2^+ sont à la baisse depuis 2004 (Figure 29A) de même que la biomasse reproductrice depuis 2006 (Figure 29B).

Les biomasses reproductrices estimées depuis 2004 sont supérieures au point de référence limite de 47 953 t (McQuinn *et al.* 1999a) (Figure 30A). Par contre, elles ne cessent de se rapprocher de cette limite depuis 2006. Il n'y a pas de relations entre la biomasse reproductrice, le recrutement (Figure 30A) et la mortalité par la pêche (Figure 30B).

3.2.5 Comparaisons des résultats avec la dernière évaluation analytique

Les abondances calculées par le modèle exploratoire d'ASP en 2000 et 2001 sont très semblables à celles obtenues lors de la dernière évaluation (Grégoire *et al.* 2004b) (Figures 31A et 31B). Il en est de même des mortalités par la pêche (Figures 32A et 32B), de la biomasse totale (Figures 33A et 33B) et de la biomasse reproductrice (Figures 34A et 34B), toutes entre 2000 et 2002.

4. CONCLUSION

4.1 LIMITATIONS

Les résultats des modèles exploratoires d'ASP pour les reproducteurs de printemps et d'automne sont présentés ici uniquement à titre illustratif. Les résultats n'ont pas été présentés sous forme de tableaux en raison de cette nature illustrative. Les modèles ont montré un ajustement relativement bon entre les abondances observées et prédites pour certains âges et certaines années, mais ils ont aussi présenté plusieurs problèmes. Le nombre de relevé était insuffisant comme l'a démontré le patron annuel des résidus. C'est probablement ce faible nombre de relevés qui explique les

since 2004, and are at 15% and higher since 2008 (Figure 28B).

Total biomasses of herring of ages 2^+ have been decreasing since 2004 (Figure 29A) as well as the spawning biomass since 2006 (Figure 29B).

Spawning biomasses estimated since 2004 have been higher than the limit reference point of 47,953 t (McQuinn *et al.* 1999a) (Figure 30A). However, they have been consistently approaching this limit since 2006. There are no relationships between spawning biomass, recruitment (Figure 30A) and fishing mortality (Figure 30B).

3.2.5 Comparisons of the results with the last analytical assessment

Abundances calculated by the exploratory SPA model in 2000 and 2001 are very similar to those obtained during the last assessment (Grégoire *et al.* 2004b) (Figures 31A and 31B). The same is true for fishing mortalities (Figures 32A and 32B), total biomass (Figures 33A and 33B), and spawning biomass (Figures 34A and 34B), all between 2000 and 2002.

4. CONCLUSION

4.1 LIMITATIONS

The results of the exploratory SPA models for spring and fall spawners are presented here only for illustrative purposes. Results were not presented in tabular form due this illustrative nature. The models showed a relatively good adjustment between predicted and observed abundances for some ages and years, but they also presented several problems. The number of surveys was insufficient as demonstrated by the annual pattern of residuals. It's probably this low number of surveys that explains the unusual results that have

résultats aberrants qui ont été obtenus pour les longues séries de données d'entrée. Malgré ces problèmes, les résultats sont intéressants compte tenu de la cohérence des estimations pour les quelques années de chevauchement entre les modèles exploratoires et ceux des dernières évaluations.

been obtained for the long series of input data. Despite these problems, the results are interesting given the coherence in estimates for the few overlapping years between the exploratory models and those of the last assessments.

Les modèles exploratoires suggèrent que les biomasses reproductrices sont à la baisse depuis 2001 chez les reproducteurs de printemps et depuis 2006 chez les reproducteurs d'automne. Les mortalités par la pêche seraient à la baisse depuis 2009 chez les reproducteurs de printemps et à la hausse depuis 2004 chez les reproducteurs d'automne.

The exploratory models suggest that the spawning biomasses are decreasing since 2001 for the spring spawners and since 2006 for the fall spawners. The fishing mortalities would be decreasing since 2009 for the spring spawners and increasing since 2004 for the fall spawners.

L'examen de la capture à l'âge et de certains diagnostics de l'ASP semblent indiquer des problèmes dans la détermination de d'âge des poissons âgés chez les dernières classes d'âge dominantes. L'arrivée soudaine des classes d'âge 2003 et 2002 chez les reproducteurs de printemps et d'automne pourrait s'expliquer par des erreurs de lectures des classes d'âge 2002 et 2001 qui ont dominé les captures à l'âge correspondantes pendant plusieurs années. Ce problème de lecture pourrait aussi expliquer les résidus élevés observés chez les plus vieux poissons.

The examination of the catch at age and of some diagnostics of the SPA seems to indicate problems in the age determination of the older fish of the last dominant year-classes. The sudden arrival of the 2003 and 2002 year-classes for the spring and fall spawning stocks could be explained by age reading errors of the 2002 and 2001 year-classes that have dominated their corresponding catch at ages during several years. This problem of reading could also explain the high residuals observed in older fish.

D'importants signaux acoustiques ont été mesurés dans la strate 10 en 2010 qui en raison du mauvais temps n'a été couverte que partiellement. En incluant cette strate dans l'évaluation d'abondance par l'utilisation des données biologiques récoltées en 2011, l'indice de biomasse des reproducteurs de printemps augmenterait de 7 621 t à 11 363 t et celui des reproducteurs d'automne, de 67 432 t à 121 888 t (Grégoire *et al.* 2012). Les prochaines ASP devraient inclurent ces nouvelles estimations comme il l'a été suggéré lors de la revue par les pairs.

Important acoustic signals were measured in stratum 10 in 2010 which, due to bad weather, was covered partially. By including in the abundance assessment stratum 10 by the use of the biological data collected in 2011, the biomass index of the spring spawners would increase from 7,621 t to 11,363 t, and the index of the fall spawners, from 67,432 t to 121,888 t (Grégoire *et al.* 2012). The next SPA should include these new estimates as it was suggested at the peers review.

4.2 PROCHAINES ÉTAPES

Les prochaines étapes consistent à poursuivre la série de relevés acoustiques, à produire des évaluations analytiques crédibles et à mettre à jour les points de référence limites. Ces étapes sont essentielles en vue de la certification de la pêche à la senne bourse. Une relecture d'otolithes devrait aussi être réalisée afin de s'assurer de la validité des âges chez les poissons âgés des dernières classes d'âge dominantes. Cette vérification est essentielle car les deux stocks reproducteurs sont composés essentiellement de poissons âgés.

4.2 NEXT STEPS

The next steps consist in continuing the acoustic survey series, rebuilding credible analytical assessments and updating the limit reference points. These steps are essential in sight of the purse seine fishery certification. Otoliths should be read again to ensure the validity of the ages in the older fish of the last dominant year-classes. This verification is essential because the two spawning stocks are composed mainly of older fish.

5. REMERCIEMENTS

La reprise du relevé acoustique en 2009 a été rendue possible grâce aux Fonds du programme scientifique Larocque. De très sincères remerciements sont exprimés à l'égard de toutes les personnes qui au ministère ont permis la réalisation de ce programme. Des remerciements sont aussi exprimés à l'égard de Ian McQuinn et Daniel Duplisea pour la révision du document.

5. ACKNOWLEDGEMENTS

Resumption of the acoustic survey in 2009 was made possible with funding from the Larocque scientific program. Very sincere thanks go out to all Department personnel who helped complete this program. We would also like to thank Ian McQuinn and Daniel Duplisea for revising the document.

6. RÉFÉRENCES / REFERENCES

Beaulieu, J.-L., McQuinn, I. H., and Grégoire, F. 2010. Atlantic herring (*Clupea harengus harengus* L.) on the West coast of Newfoundland (NAFO Division 4R) in 2009. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2010/049. vi + 42 p.

Clark, W. 1993. The effect of recruitment variability on the choice of a target level of spawning biomass per recruit. University of Alaska Sea Grant College Program, Report Number 93-02: 233-246.

CCRH. 2009. L'avenir de la pêche: Le hareng dans l'est du Canada. Rapport pour la Ministre des Pêches et des Océans. Ottawa. 37 pp.

DFO. 2011. Integrated Fisheries Management Plan: Herring (*Clupea harengus*) Newfoundland and Labrador Region 4R. Department of Fisheries and Oceans. St. John's. Newfoundland and Labrador. 44 pp.

FRCC. 2009. Fishing into the future: the herring fishery in eastern Canada. A report to the Minister of Fisheries and Oceans. Ottawa. 37 pp.

Gavaris, S. 1999. ADAPT (ADAPTive Framework) User's Guide. DFO. St. Andrews Biological Station, St. Andrews, N.B., Canada. 25 pp.

Grégoire, F., and Lefebvre, L. 2002. Analytical assessment and risk analyses for the stock of spring spawning herring (*Clupea harengus harengus* L.) on the west coast of Newfoundland (NAFO Division 4R) in 2001. CSAS 2002/059. 59 pp.

Grégoire, F., Lefebvre, L., and Lavers, J. 2004a. Analytical assessment and risk analyses for the herring (*Clupea harengus harengus* L.) stocks of the west coast of Newfoundland (NAFO Division 4R) in 2002. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2004/060. 89 pp.

Grégoire, F., Lefebvre, L., and Lavers, J. 2004b. Analytical assessment and risk analyses for the spring spawning herring (*Clupea harengus harengus* L.) stock of the west coast of Newfoundland (NAFO Division 4R) in 2003. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2004/090. 66 pp.

Grégoire, F., Beaulieu, J.-L., and McQuinn, I. H. 2012. The Atlantic herring (*Clupea harengus harengus* L.) stocks of the west coast of Newfoundland (NAFO Division 4R) in 2011. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2012/121. vi + 70 p.

Mace, P. M. 1994. Relationships between common biological reference points used as thresholds and targets of fisheries management strategies. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51:110-122.

McQuinn, I. H., and Lefebvre, L. 1995. Acoustic backscatter of herring along the west coast of Newfoundland (NAFO Division 4R) in November from 1989 to 1993. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 1995/058. 34 pp.

McQuinn, I. H., and Lefebvre, L. 1996. An evaluation of the acoustic backscatter of western Newfoundland herring with a comparison of classical statistics and geostatistics for estimation of variance. DFO Atl. Fish. Res. Doc. 1996/058. 25 pp.

McQuinn, I. H., Hammill, M., and Lefebvre, L. 1999a. An assessment and risk projections of the West coast of Newfoundland (NAFO Division 4R) herring stocks (1965-2000). CSAC Res. Doc. 99/119. 94 pp.

McQuinn, I. H., and Lefebvre, L. 1999b. An evaluation of the western Newfoundland herring acoustic abundance index from 1989-1997. CSAC Res. Doc. 99/120. 20 pp.

MPO. 2011. Integrated Fisheries Management Plan: Herring (*Clupea harengus*) Newfoundland and Labrador Region 4R. Department of Fisheries and Oceans. St. John's. Newfoundland and Labrador. 44 pp.

NOAA Fisheries Toolbox. 2009a. Rivard Weights Calculation (Rivard), Version 2.0 [Internet address: http://nft.nefsc.noaa.gov].

NOAA Fisheries Toolbox. 2009b. Virtual Population Analysis Model. Version 3.2.0 [Internet address: http://nft.nefsc.noaa.gov].

NOAA Fisheries Toolbox. 2009c. Yield Per Recruit (YPR), Version 2.7.2 [Internet address: http://nft.nefsc.noaa.gov].

SAS Institute Inc. 1989. SAS/Stat® User's Guide. Version 6. Fourth edition. Volume 2. Cary, NC, USA. 846 pp.

Tableau 1. Capture commerciale à l'âge (000's) des harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO, 1965-2011[1].

Table 1. Commercial catch at age (000's) of the spring spawning herring of NAFO Division 4R, 1965-2011[1].

ANNÉE / YEAR	GROUPE D'ÂGE / AGE GROUP										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+	2+
1965	630	73	13	693	**1602**	1293	651	461	305	509	**6230**
1966	115	283	276	520	1822	**4176**	2090	1652	382	638	**11953**
1967	0	18	459	139	318	3403	**2745**	1265	742	847	**9936**
1968	84	163	302	549	203	569	1120	**2049**	420	358	**5818**
1969	366	1730	2778	1026	500	264	703	1259	**1185**	117	**9928**
1970	**1067**	570	297	435	182	75	116	565	1615	**61**	**4983**
1971	0	**2527**	303	841	720	651	340	350	2412	255	**8400**
1972	284	220	**8189**	1308	1461	1245	1115	1377	1034	2013	**18247**
1973	1833	435	1063	**27872**	2570	3222	3232	2598	4789	5696	**53310**
1974	141	261	130	371	**9445**	318	851	774	490	2175	**14955**
1975	57	996	420	100	1063	**8431**	317	336	244	665	**12629**
1976	**484**	680	846	201	350	2802	**15567**	759	3136	3588	**28413**
1977	10	**534**	541	409	304	348	4362	**15959**	1694	6003	**30165**
1978	0	47	**1987**	207	679	241	2162	8208	**15260**	5062	**33851**
1979	167	25	214	**10828**	617	1075	547	2772	7404	**14032**	**37681**
1980	300	854	106	355	**13872**	407	1344	247	1427	20574	**39486**
1981	40	417	2114	129	354	**8872**	188	515	283	13181	**26093**
1982	**594**	2374	693	2452	421	2153	**6488**	704	950	12863	**29692**
1983	34	**2965**	3562	1131	1091	293	713	**2990**	798	7975	**21552**
1984	**198**	433	**7773**	3809	595	814	209	672	**755**	4226	**19485**
1985	362	**4587**	787	**21642**	3993	445	381	255	380	**1764**	**34597**
1986	323	2348	**13762**	3349	**28781**	5241	465	167	260	1661	**56356**
1987	455	329	2781	**15257**	3507	**12952**	1736	182	37	806	**38041**
1988	702	539	402	2461	**15064**	3677	**13616**	2527	423	2060	**41472**
1989	**305**	574	763	461	3036	**18704**	3072	**10910**	779	1380	**39984**
1990	114	**2136**	670	405	997	5010	**16296**	3773	**6432**	2187	**38019**
1991	577	2233	**9849**	1285	768	3018	6955	**21327**	2366	**6579**	**54957**
1992	**90**	1243	1707	**8538**	998	998	2781	2168	**11879**	3902	**34306**
1993	79	**1592**	3802	3409	**6784**	1509	2102	2727	2800	**8804**	**33608**
1994	14	332	**2597**	3183	3762	**3434**	1642	1589	1757	1945	**20254**
1995	12	247	1219	**5750**	5807	2152	**7126**	185	3083	4577	**30158**
1996	**1347**	248	1156	4056	**7712**	4211	551	**3291**	419	1597	**24587**
1997	36	**1006**	131	259	1303	**6598**	1684	580	**2554**	1588	**15740**
1998	80	859	**7836**	393	579	2143	**7683**	1146	994	**3174**	**24888**
1999	152	1815	3501	**4583**	202	156	749	**1532**	378	943	**14011**
2000	0	3106	7182	2207	**3971**	108	248	765	**857**	773	**19217**
2001	**189**	184	3627	6440	4045	**3794**	146	338	766	**1651**	**21180**
2002	0	**6545**	515	6643	8770	3672	**3525**	179	411	869	**31129**
2003	0	1016	**5576**	1367	5085	6021	1924	**931**	204	569	**22693**
2004	**1048**	722	2224	**4829**	2307	8375	5591	1113	**320**	841	**27369**
2005	149	**2935**	2504	653	**3439**	809	4282	5182	1984	**2155**	**24092**
2006	63	391	**4973**	4891	1402	**1643**	1529	2011	919	575	**18397**
2007	0	45	332	**3055**	1492	527	**385**	381	574	1060	**7850**
2008	57	62	141	857	**5078**	740	635	**361**	345	475	**8751**
2009	67	341	287	148	1202	**6978**	2011	891	**1495**	2608	**16027**
2010	0	40	220	96	493	1427	**2949**	1074	478	**1171**	**7946**
2011[2]	0	74	4	128	80	374	1659	**1311**	366	566	**4561**

[1] Les nombres en foncés et soulignés représentent des classes d'âge dominantes / *Bold and underlined numbers represent dominant year-classes*

[2] Préliminaire / *Preliminary*

Tableau 2. Capture commerciale à l'âge (%) des harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO, 1965-2011[1].

Table 2. Commercial catch at age (%) of the spring spawning herring of NAFO Division 4R, 1965-2011[1].

ANNÉE / *YEAR*	GROUPE D'ÂGE / *AGE GROUP*									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+
1965	10.11	1.17	0.21	11.13	**25.71**	20.75	10.44	7.41	4.90	8.17
1966	0.96	2.36	2.31	4.35	15.24	**34.93**	17.49	13.82	3.20	5.34
1967	0.00	0.18	4.62	1.40	3.20	34.25	**27.62**	12.73	7.47	8.52
1968	1.45	2.81	5.19	9.43	3.49	9.78	19.25	**35.23**	7.22	6.15
1969	3.68	17.42	27.98	10.33	5.04	2.66	7.08	12.68	**11.94**	1.18
1970	**21.42**	11.44	5.96	8.72	3.66	1.50	2.32	11.34	32.42	**1.23**
1971	0.00	**30.09**	3.61	10.02	8.58	7.75	4.05	4.16	28.71	3.03
1972	1.56	1.21	**44.88**	7.17	8.01	6.82	6.11	7.55	5.67	11.03
1973	3.44	0.82	1.99	**52.28**	4.82	6.04	6.06	4.87	8.98	10.68
1974	0.94	1.74	0.87	2.48	**63.16**	2.13	5.69	5.17	3.28	14.54
1975	0.45	7.89	3.33	0.79	8.42	**66.76**	2.51	2.66	1.93	5.26
1976	**1.70**	2.39	2.98	0.71	1.23	9.86	**54.79**	2.67	11.04	12.63
1977	0.03	**1.77**	1.80	1.36	1.01	1.15	14.46	**52.91**	5.62	19.90
1978	0.00	0.14	**5.87**	0.61	2.00	0.71	6.39	24.25	**45.08**	14.95
1979	0.44	0.07	0.57	**28.74**	1.64	2.85	1.45	7.36	19.65	**37.24**
1980	0.76	2.16	0.27	0.90	**35.13**	1.03	3.40	0.63	3.61	52.10
1981	0.15	1.60	8.10	0.49	1.36	**34.00**	0.72	1.97	1.08	50.52
1982	**2.00**	8.00	2.33	8.26	1.42	7.25	**21.85**	2.37	3.20	43.32
1983	0.16	**13.76**	16.53	5.25	5.06	1.36	3.31	**13.87**	3.70	37.01
1984	**1.02**	2.22	**39.90**	19.55	3.05	4.18	1.07	3.45	**3.87**	21.69
1985	1.05	**13.26**	2.28	**62.56**	11.54	1.29	1.10	0.74	1.10	**5.10**
1986	0.57	4.17	**24.42**	5.94	**51.07**	9.30	0.83	0.30	0.46	2.95
1987	1.19	0.86	7.31	**40.11**	9.22	**34.05**	4.56	0.48	0.10	2.12
1988	1.69	1.30	0.97	5.94	**36.32**	8.87	**32.83**	6.09	1.02	4.97
1989	**0.76**	1.44	1.91	1.15	7.59	**46.78**	7.68	**27.29**	1.95	3.45
1990	0.30	**5.62**	1.76	1.06	2.62	13.18	**42.86**	9.92	**16.92**	5.75
1991	1.05	4.06	**17.92**	2.34	1.40	5.49	12.66	**38.81**	4.31	**11.97**
1992	**0.26**	3.62	4.98	**24.89**	2.91	2.91	8.11	6.32	**34.63**	11.38
1993	0.24	**4.74**	11.31	10.14	**20.19**	4.49	6.25	8.11	8.33	**26.20**
1994	0.07	1.64	**12.82**	15.72	18.57	**16.95**	8.11	7.85	8.68	9.60
1995	0.04	0.82	4.04	**19.07**	19.26	7.14	**23.63**	0.61	10.22	15.18
1996	**5.48**	1.01	4.70	16.50	**31.37**	17.13	2.24	**13.38**	1.70	6.49
1997	0.23	**6.39**	0.83	1.65	8.28	**41.92**	10.70	3.69	**16.23**	10.09
1998	0.32	3.45	**31.49**	1.58	2.33	8.61	**30.87**	4.61	4.00	**12.75**
1999	1.08	12.95	24.99	**32.71**	1.44	1.11	5.35	**10.93**	2.70	6.73
2000	0.00	16.16	37.37	11.48	**20.66**	0.56	1.29	3.98	**4.46**	4.02
2001	**0.89**	0.87	17.12	30.41	19.10	**17.91**	0.69	1.60	3.62	**7.80**
2002	0.00	**21.03**	1.65	21.34	28.17	11.80	**11.32**	0.58	1.32	2.79
2003	0.00	4.48	**24.57**	6.02	22.41	26.53	8.48	**4.10**	0.90	2.51
2004	**3.83**	2.64	8.12	**17.64**	8.43	30.60	20.43	4.07	**1.17**	3.07
2005	0.62	**12.18**	10.39	2.71	**14.27**	3.36	17.77	21.51	8.24	**8.94**
2006	0.34	2.12	**27.03**	26.59	7.62	**8.93**	8.31	10.93	4.99	3.13
2007	0.00	0.57	4.23	**38.91**	19.00	6.71	**4.91**	4.85	7.31	13.50
2008	0.65	0.71	1.61	9.80	**58.02**	8.45	7.26	**4.13**	3.94	5.43
2009	0.42	2.13	1.79	0.92	7.50	**43.54**	12.55	5.56	**9.33**	16.27
2010	0.00	0.50	2.77	1.21	6.20	17.95	**37.11**	13.51	6.02	**14.73**
2011[2]	0.00	1.63	0.09	2.80	1.75	8.19	36.37	**28.74**	8.01	12.42

[1] Les nombres en foncés et soulignés représentent des classes d'âge dominantes / *Bold and underlined numbers represent dominant year-classes*

[2] Préliminaire / *Preliminary*

Tableau 3. Poids (kg) commerciaux à l'âge des harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO, 1965-2011[1].

Table 3. Commercial weight (kg) at age (000's) of the spring spawning herring of NAFO Division 4R, 1965-2011[1].

ANNÉE / YEAR	GROUPE D'ÂGE / AGE GROUP									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+
1965	0.128	0.166	0.266	0.312	**0.327**	0.348	0.361	0.387	0.425	0.425
1966	0.128	0.166	0.266	0.312	0.327	**0.348**	0.361	0.387	0.425	0.425
1967	0.128	0.166	0.266	0.312	0.327	0.348	**0.361**	0.387	0.425	0.425
1968	0.128	0.169	0.244	0.288	0.304	0.328	0.338	**0.357**	0.381	0.370
1969	0.145	0.191	0.233	0.259	0.287	0.309	0.323	0.357	**0.371**	0.370
1970	**0.106**	0.189	0.259	0.280	0.296	0.353	0.375	0.380	0.377	**0.370**
1971	0.102	**0.159**	0.229	0.257	0.271	0.289	0.308	0.332	0.339	0.376
1972	0.098	0.139	**0.178**	0.203	0.250	0.279	0.305	0.310	0.313	0.372
1973	0.101	0.158	0.224	**0.222**	0.268	0.303	0.322	0.333	0.350	0.367
1974	0.129	0.172	0.223	0.236	**0.262**	0.300	0.324	0.351	0.335	0.384
1975	0.077	0.156	0.197	0.242	0.243	**0.279**	0.301	0.335	0.350	0.382
1976	**0.069**	0.122	0.193	0.241	0.252	0.269	**0.299**	0.315	0.334	0.382
1977	0.064	**0.156**	0.208	0.247	0.278	0.262	0.290	**0.313**	0.332	0.353
1978	0.103	0.184	**0.228**	0.275	0.305	0.313	0.318	0.340	**0.362**	0.393
1979	0.115	0.121	0.234	**0.268**	0.319	0.343	0.357	0.366	0.373	**0.409**
1980	0.117	0.201	0.247	0.298	**0.321**	0.354	0.380	0.398	0.389	0.430
1981	0.085	0.196	0.262	0.327	0.344	**0.385**	0.415	0.430	0.429	0.472
1982	**0.095**	0.216	0.263	0.290	0.357	0.386	**0.395**	0.423	0.434	0.454
1983	0.142	**0.190**	0.263	0.305	0.337	0.385	0.424	**0.434**	0.492	0.475
1984	**0.134**	0.206	**0.239**	0.297	0.348	0.379	0.406	0.431	**0.437**	0.485
1985	0.109	**0.168**	0.247	**0.283**	0.329	0.373	0.404	0.434	0.425	**0.477**
1986	0.142	0.171	**0.230**	0.268	**0.315**	0.338	0.413	0.415	0.449	0.459
1987	0.165	0.235	0.250	**0.289**	0.349	**0.370**	0.390	0.428	0.422	0.515
1988	0.153	0.192	0.223	0.261	**0.302**	0.338	**0.371**	0.385	0.457	0.490
1989	**0.149**	0.193	0.233	0.301	0.307	**0.350**	0.384	**0.399**	0.408	0.488
1990	0.120	**0.180**	0.257	0.270	0.301	0.343	**0.373**	0.409	**0.417**	0.461
1991	0.154	0.159	**0.203**	0.276	0.318	0.332	0.374	**0.401**	0.408	**0.440**
1992	**0.103**	0.115	0.214	**0.246**	0.276	0.366	0.368	0.399	**0.411**	0.422
1993	0.115	**0.149**	0.194	0.251	**0.277**	0.323	0.383	0.401	0.420	**0.434**
1994	0.112	0.158	**0.192**	0.223	0.273	**0.320**	0.354	0.380	0.390	0.412
1995	0.106	0.174	0.179	**0.216**	0.258	0.272	**0.326**	0.336	0.377	0.406
1996	**0.107**	0.149	0.217	0.244	**0.284**	0.326	0.335	**0.389**	0.413	0.469
1997	0.107	**0.173**	0.153	0.233	0.277	**0.296**	0.329	0.347	**0.370**	0.428
1998	0.082	0.141	**0.171**	0.222	0.275	0.283	**0.315**	0.363	0.376	**0.412**
1999	0.094	0.158	0.195	**0.216**	0.266	0.298	0.333	**0.357**	0.415	0.428
2000	0.109	0.183	0.200	0.239	**0.267**	0.328	0.324	0.385	**0.362**	0.443
2001	**0.121**	0.213	0.226	0.240	0.278	**0.295**	0.350	0.356	0.382	**0.418**
2002	0.098	**0.184**	0.211	0.251	0.282	0.318	**0.329**	0.375	0.419	0.453
2003	0.101	0.166	**0.210**	0.234	0.277	0.301	0.333	**0.394**	0.409	0.435
2004	**0.102**	0.148	0.252	**0.269**	0.309	0.324	0.360	0.379	**0.384**	0.406
2005	0.109	**0.148**	0.178	0.253	**0.273**	0.286	0.330	0.335	0.337	**0.398**
2006	0.131	0.153	**0.171**	0.215	0.250	**0.287**	0.318	0.315	0.337	0.388
2007	0.138	0.128	0.167	**0.195**	0.211	0.286	**0.302**	0.318	0.317	0.339
2008	0.145	0.139	0.238	0.242	**0.259**	0.281	0.303	**0.321**	0.350	0.378
2009	0.098	0.144	0.224	0.192	0.253	**0.268**	0.268	0.300	**0.334**	0.361
2010	0.110	0.161	0.213	0.223	0.261	0.284	**0.306**	0.352	0.398	**0.404**
2011[2]	0.122	0.138	0.222	0.192	0.250	0.274	0.281	**0.308**	0.326	0.358

[1] Les nombres en foncés et soulignés représentent des classes d'âge dominantes / *Bold and underlined numbers represent dominant year-classes*

[2] Préliminaire / *Preliminary*

Tableau 4. Biomasse (t) de la capture à l'âge des harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO, 1965-2011[1].

Table 4. Catch biomass (t) at age of the spring spawning herring of NAFO Division 4R, 1965-2011[1].

ANNEE / YEAR	GROUPE D'ÂGE / AGE GROUP									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+
1965	80	12	4	216	**523**	450	235	178	130	216
1966	15	47	74	162	595	**1 454**	755	639	162	271
1967	0	3	122	43	104	1 185	**991**	489	315	360
1968	11	28	74	158	62	187	379	**731**	160	132
1969	53	331	648	266	143	82	227	450	**440**	43
1970	**113**	108	77	122	54	26	43	215	609	**23**
1971	0	**402**	69	216	195	188	105	116	817	96
1972	28	31	**1 454**	265	366	347	340	427	323	750
1973	185	69	238	**6 188**	689	976	1 041	865	1 676	2 090
1974	18	45	29	88	**2 475**	95	276	272	164	835
1975	4	155	83	24	258	**2 352**	95	112	85	254
1976	**33**	83	163	48	88	754	**4 655**	239	1 047	1 371
1977	1	**83**	113	101	85	91	1 265	**4 995**	563	2 119
1978	0	9	**453**	57	207	75	687	2 791	**5 524**	1 989
1979	19	3	50	**2 902**	197	369	195	1 014	2 762	**5 739**
1980	35	172	26	106	**4 453**	144	511	98	555	8 847
1981	3	82	554	42	122	**3 416**	78	221	121	6 222
1982	**56**	513	182	711	150	831	**2 563**	298	412	5 840
1983	5	**563**	937	345	368	113	302	**1 298**	393	3 788
1984	**27**	89	**1 858**	1 131	207	309	85	290	**330**	2 050
1985	40	**771**	194	**6 125**	1 314	166	154	111	162	**841**
1986	46	401	**3 165**	897	**9 066**	1 771	192	69	117	763
1987	75	77	695	**4 409**	1 224	**4 792**	677	78	15	415
1988	107	104	90	642	**4 549**	1 243	**5 052**	973	193	1 010
1989	**45**	111	178	139	932	**6 547**	1 180	**4 353**	318	673
1990	14	**384**	172	109	300	1 719	**6 078**	1 543	**2 682**	1 008
1991	89	355	**1 999**	355	244	1 002	2 601	**8 552**	965	**2 895**
1992	**9**	143	365	**2 100**	275	365	1 024	865	**4 882**	1 647
1993	9	**237**	737	855	**1 876**	487	805	1 095	1 177	**3 821**
1994	2	53	**498**	709	1 028	**1 097**	581	603	686	802
1995	1	43	219	**1 244**	1 500	586	**2 321**	62	1 162	1 860
1996	**144**	37	251	989	**2 191**	1 374	185	**1 279**	173	748
1997	4	**174**	20	61	361	**1 950**	555	201	**945**	680
1998	6	121	**1 343**	87	159	606	**2 418**	417	374	**1 308**
1999	14	288	683	**990**	54	46	249	**547**	157	404
2000	0	568	1 436	527	**1 060**	35	80	295	**310**	342
2001	**23**	39	820	1 546	1 125	**1 119**	51	120	293	**690**
2002	0	**1 204**	109	1 667	2 473	1 168	**1 160**	67	172	394
2003	0	169	**1 171**	320	1 409	1 812	641	**367**	84	248
2004	**106**	107	560	**1 298**	712	2 715	2 015	422	**123**	341
2005	16	**435**	447	165	**939**	231	1 414	1 736	669	**858**
2006	8	60	**850**	1 052	351	**471**	486	632	309	223
2007	0	6	55	**594**	314	151	**116**	121	182	360
2008	8	9	34	207	**1 315**	208	192	**116**	121	179
2009	7	49	64	28	304	**1 869**	539	268	**499**	943
2010	0	6	47	21	129	406	**903**	378	190	**473**
2011[2]	0	10	1	24	20	102	467	**404**	119	203

[1] Les nombres en foncés et soulignés représentent des classes d'âge dominantes / *Bold and underlined numbers represent dominant year-classes*

[2] Préliminaire / *Preliminary*

Tableau 5. Poids (kg) du stock à l'âge (1er janvier)[1] des harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO, 1965-2011[2].

Table 5. Stock (January 1st)[1] weight (kg) at age of the spring spawning herring of NAFO Division 4R, 1965-2011[2].

ANNÉE / YEAR	GROUPE D'ÂGE / AGE GROUP									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+
1965	0.112	0.131	0.246	0.305	**0.317**	0.342	0.349	0.369	0.405	0.425
1966	0.112	0.146	0.210	0.288	0.319	**0.337**	0.355	0.374	0.405	0.425
1967	0.111	0.146	0.210	0.288	0.319	0.337	**0.355**	0.374	0.405	0.425
1968	0.105	0.147	0.202	0.277	0.308	0.327	0.343	**0.359**	0.384	0.370
1969	0.127	0.157	0.199	0.252	0.288	0.306	0.325	0.348	**0.364**	0.370
1970	**0.086**	0.165	0.223	0.256	0.277	0.318	0.340	0.350	0.367	**0.370**
1971	0.087	**0.130**	0.208	0.258	0.275	0.292	0.330	0.353	0.359	0.376
1972	0.077	0.119	**0.168**	0.215	0.254	0.275	0.297	0.309	0.322	0.372
1973	0.077	0.124	0.177	**0.199**	0.233	0.275	0.300	0.319	0.330	0.367
1974	0.117	0.132	0.188	0.230	**0.241**	0.284	0.313	0.336	0.334	0.384
1975	0.061	0.142	0.184	0.232	0.240	**0.270**	0.301	0.330	0.351	0.382
1976	**0.046**	0.097	0.174	0.218	0.247	0.256	**0.289**	0.308	0.335	0.382
1977	0.038	**0.104**	0.159	0.218	0.259	0.257	0.279	**0.306**	0.323	0.353
1978	0.095	0.109	**0.189**	0.239	0.275	0.295	0.289	0.314	**0.337**	0.393
1979	0.087	0.112	0.208	**0.247**	0.296	0.323	0.334	0.341	0.356	**0.409**
1980	0.090	0.152	0.173	0.264	**0.293**	0.336	0.361	0.377	0.377	0.430
1981	0.053	0.151	0.230	0.284	0.320	**0.352**	0.383	0.404	0.413	0.472
1982	**0.067**	0.136	0.227	0.276	0.342	0.364	**0.390**	0.419	0.432	0.454
1983	0.118	**0.134**	0.238	0.283	0.313	0.371	0.405	**0.414**	0.456	0.475
1984	**0.120**	0.171	**0.213**	0.280	0.326	0.357	0.395	0.428	**0.436**	0.485
1985	0.087	**0.150**	0.226	**0.260**	0.313	0.360	0.391	0.420	0.428	**0.477**
1986	0.110	0.137	**0.197**	0.257	**0.299**	0.334	0.393	0.410	0.441	0.459
1987	0.153	0.183	0.207	**0.258**	0.306	**0.341**	0.363	0.420	0.419	0.515
1988	0.136	0.178	0.229	0.255	**0.295**	0.344	**0.371**	0.388	0.442	0.490
1989	**0.136**	0.172	0.212	0.259	0.283	**0.325**	0.360	**0.385**	0.396	0.488
1990	0.104	**0.164**	0.223	0.251	0.301	0.325	**0.361**	0.396	**0.408**	0.461
1991	0.178	0.138	**0.191**	0.266	0.293	0.316	0.358	**0.387**	0.409	**0.440**
1992	**0.086**	0.133	0.185	**0.224**	0.276	0.341	0.350	0.386	**0.406**	0.422
1993	0.098	**0.124**	0.149	0.232	**0.261**	0.298	0.374	0.384	0.410	**0.434**
1994	0.090	0.135	**0.169**	0.208	0.262	**0.297**	0.338	0.381	0.396	0.412
1995	0.090	0.140	0.169	**0.204**	0.240	0.273	**0.323**	0.345	0.378	0.406
1996	**0.084**	0.126	0.194	0.209	**0.248**	0.290	0.302	**0.356**	0.373	0.469
1997	0.093	**0.136**	0.151	0.225	0.260	**0.290**	0.328	0.341	**0.379**	0.428
1998	0.059	0.123	**0.172**	0.184	0.253	0.280	**0.305**	0.346	0.361	**0.412**
1999	0.067	0.114	0.166	**0.192**	0.243	0.286	0.307	**0.335**	0.388	0.428
2000	0.078	0.131	0.178	0.216	**0.240**	0.295	0.311	0.358	**0.360**	0.443
2001	**0.098**	0.152	0.203	0.219	0.258	**0.281**	0.339	0.340	0.384	**0.418**
2002	0.075	**0.149**	0.212	0.238	0.260	0.297	**0.312**	0.362	0.386	0.453
2003	0.083	0.128	**0.197**	0.222	0.264	0.291	0.325	**0.360**	0.392	0.435
2004	**0.085**	0.122	0.205	**0.238**	0.269	0.300	0.329	0.355	**0.389**	0.406
2005	0.092	**0.123**	0.162	0.253	**0.271**	0.297	0.327	0.347	0.357	**0.398**
2006	0.133	0.129	**0.159**	0.196	0.252	**0.280**	0.302	0.322	0.336	0.388
2007	0.138	0.130	0.160	**0.183**	0.213	0.267	**0.294**	0.318	0.316	0.339
2008	0.146	0.139	0.175	0.201	**0.225**	0.244	0.294	**0.311**	0.334	0.378
2009	0.077	0.145	0.177	0.214	0.247	**0.264**	0.274	0.302	**0.327**	0.361
2010	0.098	0.126	0.175	0.224	0.224	0.268	**0.286**	0.307	0.346	**0.404**
2011[3]	0.121	0.123	0.189	0.202	0.236	0.267	0.283	**0.307**	0.339	0.358

[1] NOAA Fisheries Toolbox (2009a)

[2] Les nombres en foncés et soulignés représentent des classes d'âge dominantes / *Bold and underlined numbers represent dominant year-classes*

[3] Préliminaire / *Preliminary*

Tableau 6. Proportion annuelle de la maturité à l'âge des harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO, 1965-2011.

Table 6. Annual proportion of the maturity at age of the spring spawning herring of NAFO Division 4R, 1965-2011.

ANNÉE / YEAR	GROUPE D'ÂGE / AGE GROUP									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+
1965	0.000	0.174	0.764	0.976	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1966	0.000	0.174	0.764	0.976	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1967	0.000	0.174	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1968	0.000	0.174	0.764	0.976	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1969	0.000	0.174	0.714	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1970	0.000	0.500	0.778	0.936	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1971	0.000	0.174	0.764	0.976	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1972	0.000	0.016	0.808	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1973	0.000	0.143	0.667	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1974	0.000	0.143	0.900	0.938	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1975	0.000	0.350	0.571	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1976	0.000	0.278	0.727	0.917	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1977	0.000	0.114	0.913	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1978	0.000	0.436	0.706	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1979	0.000	0.436	0.891	0.986	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1980	0.000	0.837	0.909	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1981	0.053	0.898	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1982	0.000	0.625	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1983	0.000	0.130	0.940	0.968	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1984	0.000	0.167	0.706	0.961	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1985	0.000	0.052	0.875	0.996	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1986	0.000	0.500	0.918	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1987	0.000	0.286	0.813	0.991	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1988	0.000	0.429	0.857	0.962	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1989	0.000	0.436	0.891	0.986	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1990	0.000	0.667	0.818	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1991	0.000	0.429	0.844	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1992	0.000	0.300	0.583	0.818	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1993	0.000	0.438	0.938	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1994	0.000	0.652	0.929	0.991	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1995	0.000	0.714	0.905	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1996	0.000	0.533	0.836	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1997	0.000	0.546	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1998	0.000	0.667	0.911	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1999	0.185	0.587	0.944	0.990	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2000	0.000	0.774	0.976	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2001	0.000	0.643	1.000	0.991	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2002	0.000	0.961	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2003	0.000	0.500	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2004	0.000	0.533	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2005	0.095	0.309	0.657	0.891	0.927	0.993	0.998	1.000	1.000	1.000
2006	0.049	0.177	0.516	0.888	0.959	0.996	0.999	1.000	1.000	1.000
2007	0.004	0.045	0.374	0.884	0.990	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000
2008	0.001	0.016	0.278	0.899	0.995	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2009	0.018	0.079	0.389	0.890	0.981	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000
2010	0.018	0.079	0.389	0.890	0.981	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000
2011 [1]	0.018	0.079	0.389	0.890	0.981	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000

[1] Préliminaire / *Preliminary*

Tableau 7. Abondance totale à l'âge[1] (000's) des harengs reproducteurs de printemps selon les relevés acoustiques réalisés dans la Division 4R de l'OPANO depuis 1991.

Table 7. Total abundance at age[1] (000's) of the spring spawning herring from the acoustic surveys conducted in NAFO Division 4R since 1991.

ANNÉE / YEAR	GROUPE D'ÂGE / AGE GROUP										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+	2+
1991	5252	14241	78462	216	13484	43972	26318	48683	8773	44080	283480
1993	15591	36865	32008	26686	41341	1567	6965	6965	5398	12879	186265
1995	1000	4627	5587	32838	12184	6786	18560	5301	12356	14334	113573
1997	128	18951	2380	4341	17636	29299	12529	343	27038	5618	118262
1999	4597	44622	24176	29285	725	0	988	8243	1786	8323	122745
2002	1217	8112	909	16287	33965	23812	19822	238	4709	1190	110259
2009	0	817	160	620	3718	5892	2328	2039	1084	2892	19550
2010	1018	1135	1018	1058	2178	7994	6166	2193	2309	879	25948
2011	0	9219	1691	1845	3382	309	6154	3526	9198	5381	40704

[1] En 2010, aucun échantillon n'a été récolté dans la strate 10 où d'importants signaux acoustiques avaient été détectés / *In 2010, no samples were collected in stratum 10 where significant acoustic signals had been detected*

Tableau 8. Capture commerciale à l'âge (000's) des harengs reproducteurs d'automne de la Division 4R de l'OPANO, 1965-2011[1].

Table 8. Commercial catch at age (000's) of the fall spawning herring of NAFO Division 4R, 1965-2011[1].

ANNÉE / YEAR	GROUPE D'ÂGE / AGE GROUP										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+	2+
1965	17	**655**	476	235	271	303	1010	653	355	722	**4697**
1966	44	76	**682**	318	348	232	1181	931	845	2517	**7174**
1967	0	112	181	**790**	369	124	433	934	1011	3108	**7061**
1968	0	170	108	209	**935**	223	174	284	998	1913	**5013**
1969	34	299	711	364	876	**736**	200	142	214	1859	**5436**
1970	0	466	187	33	51	251	**90**	71	89	1688	**2925**
1971	40	0	112	440	638	2150	3485	**2071**	1073	14138	**24147**
1972	10	96	115	1310	1345	2852	2165	3577	**2173**	28342	**41985**
1973	0	1798	1180	1114	2626	1527	2631	3830	8265	**17653**	**40624**
1974	0	20	393	530	325	592	258	308	313	5610	**8349**
1975	**0**	19	40	865	925	107	157	147	218	3371	**5849**
1976	0	**48**	272	290	422	561	325	253	88	4818	**7077**
1977	0	3	**169**	134	404	721	405	342	293	6646	**9117**
1978	0	10	27	**545**	393	1108	1689	503	341	6051	**10667**
1979	0	7	116	345	**2689**	520	1287	1847	468	6286	**13565**
1980	15	181	136	86	176	**1729**	250	675	308	5243	**8799**
1981	**0**	33	524	245	90	295	**1234**	153	124	3369	**6067**
1982	101	**567**	1824	956	509	140	377	**972**	315	2609	**8370**
1983	15	83	**2330**	1356	1309	506	159	467	**618**	2824	**9667**
1984	0	55	668	6259	1147	908	220	146	268	**3091**	**12762**
1985	15	235	1340	1907	**9678**	902	622	115	36	468	**15318**
1986	35	426	1431	2671	2292	**8421**	794	384	66	227	**16747**
1987	0	156	487	1354	2009	1728	**5927**	474	163	196	**12494**
1988	484	207	511	481	1240	1740	1667	**4165**	705	777	**11977**
1989	43	599	539	923	807	749	828	961	**2873**	983	**9305**
1990	**27**	530	1568	424	306	429	384	839	481	**4718**	**9705**
1991	73	**832**	1278	5763	674	1501	919	649	2144	7124	**20955**
1992	**0**	337	**1446**	1448	1236	775	543	779	390	3928	**10883**
1993	21	**210**	672	**1957**	1015	1661	558	911	877	4608	**12491**
1994	0	61	994	2777	**4032**	3104	2435	1630	1179	3999	**20211**
1995	65	91	1419	**6159**	3512	**3905**	1211	3189	411	4246	**24208**
1996	0	1969	1358	2531	**8573**	2304	**3927**	828	1968	3130	**26588**
1997	**0**	593	1726	877	1086	**7649**	2193	**4949**	562	4200	**23834**
1998	0	**597**	4802	8820	2995	2029	**13268**	1251	**4289**	4493	**42543**
1999	0	989	**10785**	4245	4103	1178	858	**4238**	1096	**2222**	**29714**
2000	572	359	3154	**10673**	3175	2854	998	352	**5329**	3807	**31272**
2001	83	2503	589	4829	**9608**	3647	2607	532	546	**2265**	**27209**
2002	**0**	216	6476	831	2147	**3660**	958	502	110	1305	**16204**
2003	**227**	**8782**	3910	4227	2130	6168	**4305**	1212	441	2674	**34076**
2004	51	**776**	**7653**	2889	2368	2252	6841	**1859**	318	2510	**27516**
2005	181	734	**2668**	**21815**	4036	2825	1113	2252	**2577**	2610	**40810**
2006	0	440	1318	**9622**	**30865**	5447	3620	2673	2925	**3509**	**60417**
2007	34	871	3007	4355	**13677**	**30979**	3083	1928	577	2594	**61104**
2008	76	1666	2503	1978	5327	**17332**	**31643**	5561	1535	4184	**71806**
2009	119	364	5806	2750	2451	4219	**11732**	**25638**	2777	3416	**59270**
2010	0	96	624	4329	3272	3724	9361	**23828**	**10898**	3108	**59239**
2011[2]	0	732	562	1293	3587	4476	5017	16992	**23534**	**8869**	**65061**

[1] Les nombres en foncés et soulignés représentent des classes d'âge dominantes / *Bold and underlined numbers represent dominant year-classes*

[2] Préliminaire / *Preliminary*

Tableau 9. Capture commerciale à l'âge (%) des harengs reproducteurs d'automne de la Division 4R de l'OPANO, 1965-2011[1].

Table 9. Commercial catch at age (%) of the fall spawning herring of NAFO Division 4R, 1965-2011[1].

ANNÉE / YEAR	GROUPE D'ÂGE / AGE GROUP									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+
1965	0.36	**13.95**	10.13	5.00	5.78	6.45	21.50	13.90	7.55	15.38
1966	0.61	1.06	**9.51**	4.43	4.85	3.24	16.46	12.98	11.78	35.09
1967	0.00	1.58	2.57	**11.19**	5.22	1.75	6.13	13.22	14.32	44.01
1968	0.00	3.39	2.16	4.16	**18.65**	4.45	3.46	5.66	19.92	38.16
1969	0.62	5.51	13.09	6.70	16.11	**13.54**	3.67	2.62	3.94	34.20
1970	0.00	15.92	6.41	1.13	1.75	8.57	**3.07**	2.42	3.03	57.70
1971	0.16	0.00	0.47	1.82	2.64	8.90	14.43	**8.58**	4.44	58.55
1972	0.02	0.23	0.27	3.12	3.20	6.79	5.16	8.52	**5.18**	67.51
1973	0.00	4.43	2.90	2.74	6.46	3.76	6.48	9.43	20.35	**43.45**
1974	0.00	0.24	4.71	6.35	3.89	7.09	3.09	3.69	3.75	67.19
1975	**0.00**	0.32	0.68	14.79	15.81	1.83	2.68	2.51	3.73	57.63
1976	0.00	**0.68**	3.84	4.10	5.96	7.93	4.59	3.57	1.24	68.08
1977	0.00	0.03	**1.85**	1.47	4.43	7.91	4.44	3.75	3.21	72.90
1978	0.00	0.09	0.25	**5.11**	3.68	10.39	15.83	4.72	3.20	56.73
1979	0.00	0.05	0.86	2.54	**19.82**	3.83	9.49	13.62	3.45	46.34
1980	0.17	2.06	1.55	0.98	2.00	**19.65**	2.84	7.67	3.50	59.59
1981	**0.00**	0.54	8.64	4.04	1.48	4.86	**20.34**	2.52	2.04	55.53
1982	1.21	**6.77**	21.79	11.42	6.08	1.67	4.50	**11.61**	3.76	31.17
1983	0.16	0.86	**24.10**	14.03	13.54	5.23	1.64	4.83	**6.39**	29.21
1984	0.00	0.43	5.23	**49.04**	8.99	7.11	1.72	1.14	2.10	**24.22**
1985	0.10	1.53	8.75	12.45	**63.18**	5.89	4.06	0.75	0.24	3.06
1986	0.21	2.54	8.54	15.95	13.69	**50.28**	4.74	2.29	0.39	1.36
1987	0.00	1.25	3.90	10.84	16.08	13.83	**47.44**	3.79	1.30	1.57
1988	4.04	1.73	4.27	4.02	10.35	14.53	13.92	**34.77**	5.89	6.49
1989	0.46	6.44	5.79	9.92	8.67	8.05	8.90	10.33	**30.88**	10.56
1990	**0.28**	5.46	16.15	4.36	3.15	4.42	3.96	8.65	4.95	**48.61**
1991	0.35	**3.97**	6.10	27.50	3.21	7.16	4.38	3.10	10.23	34.00
1992	**0.00**	3.10	**13.29**	13.30	11.36	7.12	4.99	7.16	3.58	36.09
1993	0.17	**1.68**	5.38	**15.67**	8.12	13.30	4.47	7.30	7.02	36.89
1994	0.00	0.30	**4.92**	13.74	**19.95**	15.36	12.05	8.06	5.83	19.79
1995	0.27	0.37	5.86	**25.44**	14.51	**16.13**	5.00	13.17	1.70	17.54
1996	0.00	7.40	5.11	9.52	**32.24**	8.67	**14.77**	3.11	7.40	11.77
1997	**0.00**	2.49	7.24	3.68	4.56	**32.09**	9.20	**20.76**	2.36	17.62
1998	0.00	**1.40**	11.29	20.73	7.04	4.77	**31.19**	2.94	**10.08**	10.56
1999	0.00	3.33	**36.29**	14.29	13.81	3.96	2.89	**14.26**	3.69	**7.48**
2000	1.83	1.15	10.08	**34.13**	10.15	9.13	3.19	1.13	**17.04**	12.17
2001	0.30	9.20	2.17	17.75	**35.31**	13.41	9.58	1.96	2.01	**8.32**
2002	**0.00**	1.33	39.96	5.13	13.25	**22.58**	5.91	3.10	0.68	8.06
2003	**0.67**	**25.77**	11.47	12.41	6.25	18.10	**12.63**	3.56	1.29	7.85
2004	0.18	**2.82**	**27.81**	10.50	8.61	8.19	24.86	**6.75**	1.15	9.12
2005	0.44	1.80	**6.54**	**53.45**	9.89	6.92	2.73	5.52	**6.31**	6.39
2006	0.00	0.73	2.18	**15.93**	**51.09**	9.02	5.99	4.42	4.84	**5.81**
2007	0.06	1.43	4.92	7.13	**22.38**	**50.70**	5.04	3.15	0.94	4.25
2008	0.11	2.32	3.49	2.76	7.42	**24.14**	**44.07**	7.74	2.14	5.83
2009	0.20	0.61	9.80	4.64	4.14	7.12	**19.79**	**43.26**	4.68	5.76
2010	0.00	0.16	1.05	7.31	5.52	6.29	15.80	**40.22**	**18.40**	5.25
2011[2]	0.00	1.12	0.86	1.99	5.51	6.88	7.71	26.12	**36.17**	**13.63**

[1] Les nombres en foncés et soulignés représentent des classes d'âge dominantes / *Bold and underlined numbers represent dominant year-classes*

[2] Préliminaire / *Preliminary*

Tableau 10. Poids (kg) commerciaux à l'âge des harengs reproducteurs d'automne de la Division 4R de l'OPANO, 1965-2011[1].

Table 10. Commercial weight (kg) at age (000's) of the fall spawning herring of NAFO Division 4R, 1965-2011[1].

ANNÉE / YEAR	GROUPE D'ÂGE / AGE GROUP									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+
1965	0.124	**0.179**	0.223	0.260	0.258	0.264	0.281	0.318	0.293	0.364
1966	0.115	0.167	**0.223**	0.260	0.258	0.264	0.281	0.318	0.293	0.364
1967	0.124	0.160	0.190	**0.265**	0.268	0.268	0.321	0.324	0.337	0.379
1968	0.124	0.179	0.227	0.256	**0.280**	0.297	0.295	0.319	0.350	0.371
1969	0.124	0.170	0.198	0.223	0.254	**0.278**	0.301	0.301	0.312	0.346
1970	0.109	0.173	0.198	0.233	0.283	0.293	**0.339**	0.347	0.306	0.399
1971	0.095	0.176	0.187	0.210	0.230	0.262	0.275	**0.286**	0.308	0.336
1972	0.112	0.178	0.200	0.187	0.249	0.279	0.295	0.303	**0.325**	0.359
1973	0.100	0.105	0.156	0.231	0.274	0.297	0.329	0.334	0.346	**0.382**
1974	0.122	0.171	0.218	0.259	0.265	0.284	0.307	0.355	0.378	0.422
1975	**0.122**	0.120	0.188	0.266	0.297	0.352	0.323	0.370	0.391	0.465
1976	0.122	**0.107**	0.155	0.282	0.271	0.287	0.277	0.308	0.426	0.454
1977	0.122	0.250	**0.229**	0.250	0.255	0.301	0.321	0.308	0.330	0.421
1978	0.122	0.161	0.238	**0.282**	0.316	0.345	0.367	0.366	0.390	0.471
1979	0.122	0.218	0.216	0.281	**0.308**	0.355	0.381	0.405	0.408	0.458
1980	0.122	0.222	0.242	0.360	0.341	**0.404**	0.419	0.461	0.468	0.534
1981	**0.144**	0.204	0.280	0.328	0.358	0.406	**0.436**	0.485	0.498	0.515
1982	0.166	**0.150**	0.252	0.306	0.328	0.449	0.441	**0.444**	0.485	0.507
1983	0.105	0.205	**0.218**	0.268	0.309	0.338	0.374	0.430	**0.462**	0.503
1984	0.078	0.164	0.209	**0.249**	0.293	0.343	0.359	0.429	0.450	**0.494**
1985	0.050	0.155	0.202	0.258	**0.292**	0.326	0.347	0.374	0.444	0.432
1986	0.105	0.157	0.214	0.240	0.280	**0.317**	0.340	0.356	0.363	0.465
1987	0.110	0.187	0.235	0.272	0.319	0.334	**0.363**	0.364	0.392	0.513
1988	0.115	0.139	0.216	0.259	0.281	0.310	0.354	**0.377**	0.398	0.428
1989	0.115	0.139	0.216	0.259	0.281	0.310	0.354	0.377	**0.398**	0.428
1990	**0.088**	0.161	0.200	0.231	0.282	0.313	0.356	0.377	0.400	**0.432**
1991	0.068	**0.104**	0.220	0.204	0.299	0.322	0.363	0.381	0.415	0.426
1992	**0.070**	0.158	**0.189**	0.227	0.276	0.295	0.346	0.384	0.420	0.442
1993	0.072	**0.121**	0.188	**0.197**	0.252	0.296	0.324	0.369	0.410	0.433
1994	0.080	0.124	**0.174**	0.210	**0.254**	0.305	0.349	0.385	0.402	0.438
1995	0.089	0.127	0.197	**0.207**	0.242	**0.303**	0.331	0.355	0.397	0.439
1996	0.089	0.116	0.164	0.221	**0.253**	0.289	**0.320**	0.377	0.377	0.456
1997	**0.089**	0.143	0.193	0.217	0.269	**0.303**	0.318	**0.374**	0.430	0.450
1998	0.089	**0.131**	0.176	0.195	0.227	0.251	**0.302**	0.302	**0.340**	0.426
1999	0.089	0.134	**0.173**	0.222	0.244	0.295	0.314	**0.360**	0.358	**0.415**
2000	0.076	0.125	0.174	**0.207**	0.262	0.276	0.301	0.360	**0.346**	0.416
2001	0.086	0.143	0.187	0.225	**0.262**	0.302	0.320	0.353	0.392	**0.422**
2002	**0.085**	0.151	0.200	0.238	0.268	**0.290**	0.339	0.341	0.416	0.446
2003	**0.085**	**0.151**	0.200	0.238	0.268	0.290	**0.339**	0.341	0.416	0.446
2004	0.067	**0.129**	**0.179**	0.209	0.254	0.281	0.304	**0.331**	0.329	0.406
2005	0.073	0.110	**0.157**	**0.196**	0.214	0.251	0.266	0.291	**0.318**	0.323
2006	0.071	0.129	0.154	**0.185**	**0.214**	0.237	0.263	0.294	0.308	**0.349**
2007	0.0685	0.121	0.162	0.177	**0.201**	**0.227**	0.248	0.262	0.296	0.316
2008	0.069	0.140	0.162	0.192	0.215	**0.235**	**0.256**	0.280	0.303	0.317
2009	0.070	0.115	0.155	0.188	0.218	0.229	**0.250**	**0.272**	0.285	0.333
2010	0.070	0.107	0.164	0.206	0.225	0.249	0.267	**0.283**	**0.297**	0.345
2011[2]	0.070	0.099	0.138	0.179	0.215	0.240	0.270	0.279	**0.300**	**0.336**

[1] Les nombres en foncés et soulignés représentent des classes d'âge dominantes / *Bold and underlined numbers represent dominant year-classes*

[2] Préliminaire / *Preliminary*

Tableau 11. Biomasse (t) de la capture à l'âge des harengs reproducteurs d'automne de la Division 4R de l'OPANO, 1965-2011[1].

Table 11. Catch biomass (t) at age of the fall spawning herring of NAFO Division 4R, 1965-2011[1].

ANNÉE / YEAR	GROUPE D'ÂGE / AGE GROUP									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+
1965	2	**117**	106	61	70	80	283	208	104	263
1966	5	13	**152**	83	90	61	331	296	248	916
1967	0	18	35	**210**	99	33	139	303	341	1179
1968	0	30	25	54	**262**	66	51	90	349	710
1969	4	51	141	81	222	**205**	60	43	67	643
1970	0	81	37	8	15	73	**30**	25	27	673
1971	4	0	21	93	147	563	959	**592**	330	4746
1972	1	17	23	246	336	796	639	1083	**706**	10173
1973	0	189	184	257	720	454	866	1279	2860	**6743**
1974	0	3	86	137	86	168	79	109	118	2367
1975	**0**	2	8	230	275	38	51	54	85	1568
1976	0	**5**	42	82	114	161	90	78	37	2187
1977	0	1	**39**	34	103	217	130	105	97	2798
1978	0	2	6	**154**	124	382	620	184	133	2850
1979	0	2	25	97	**828**	185	490	748	191	2879
1980	2	40	33	31	60	**699**	105	311	144	2800
1981	**0**	7	147	80	32	120	**538**	74	62	1735
1982	17	**85**	460	293	167	63	166	**432**	153	1323
1983	2	17	**508**	363	404	171	59	201	**286**	1420
1984	0	9	140	**1558**	336	311	79	63	121	**1527**
1985	1	36	271	492	**2826**	294	216	43	16	202
1986	4	67	306	641	642	**2669**	270	137	24	106
1987	0	29	114	368	641	577	**2152**	173	64	101
1988	56	29	110	125	348	539	590	**1570**	281	333
1989	5	83	116	239	227	232	293	362	**1143**	421
1990	**2**	85	314	98	86	134	137	317	192	**2040**
1991	5	**87**	281	1177	202	483	333	247	890	3036
1992	**0**	53	**274**	329	341	229	188	300	164	1735
1993	2	**25**	127	**385**	256	492	181	337	359	1994
1994	0	8	**173**	583	**1025**	945	849	627	474	1753
1995	6	12	279	**1275**	849	**1181**	401	1132	163	1862
1996	0	228	223	560	**2170**	667	**1257**	313	743	1428
1997	**0**	85	333	190	292	**2317**	697	**1852**	242	1891
1998	0	**78**	845	1722	680	509	**4003**	378	**1456**	1914
1999	0	132	**1866**	942	1001	347	270	**1526**	393	**922**
2000	43	45	549	**2209**	832	788	300	127	**1844**	1584
2001	7	358	110	1087	**2517**	1102	834	188	214	**956**
2002	**0**	33	1295	198	575	**1061**	325	171	46	582
2003	**19**	**1326**	782	1006	571	1789	**1459**	413	183	1193
2004	3	**100**	**1366**	604	601	633	2080	**614**	104	1018
2005	13	81	**418**	**4282**	862	708	296	655	**820**	844
2006	0	57	203	**1779**	**6611**	1288	953	785	901	**1223**
2007	2	105	488	769	**2742**	**7017**	763	504	171	819
2008	5	234	406	380	1145	**4077**	**8107**	1558	465	1324
2009	8	42	902	518	533	964	**2929**	**6984**	792	1137
2010	0	10	102	894	736	929	2503	**6736**	**3234**	1073
2011[2]	0	73	77	231	772	1074	1356	4742	**7067**	**2977**

[1] Les nombres en foncés et soulignés représentent des classes d'âge dominantes / *Bold and underlined numbers represent dominant year-classes*

[2] Préliminaire / *Preliminary*

Tableau 12. Poids (kg) du stock à l'âge (1er janvier)[1] des harengs reproducteurs d'automne de la Division 4R de l'OPANO, 1965-2011[2].

Table 12. Stock (January 1st)[1] weight (kg) at age of the fall spawning herring of NAFO Division 4R, 1965-2011[2].

ANNÉE / YEAR	GROUPE D'ÂGE / AGE GROUP									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+
1965	0.107	**0.160**	0.207	0.261	0.255	0.256	0.264	0.331	0.305	0.364
1966	0.098	0.144	**0.200**	0.241	0.259	0.261	0.272	0.299	0.305	0.364
1967	0.103	0.136	0.178	**0.243**	0.264	0.263	0.291	0.302	0.327	0.379
1968	0.106	0.149	0.191	0.221	**0.272**	0.282	0.281	0.320	0.337	0.371
1969	0.105	0.145	0.188	0.225	0.255	**0.279**	0.299	0.298	0.316	0.346
1970	0.086	0.147	0.184	0.215	0.251	0.273	**0.307**	0.323	0.304	0.399
1971	0.069	0.139	0.180	0.204	0.232	0.272	0.284	**0.311**	0.327	0.336
1972	0.116	0.130	0.188	0.187	0.229	0.253	0.278	0.289	**0.305**	0.359
1973	0.077	0.108	0.167	0.215	0.226	0.272	0.303	0.314	0.324	**0.382**
1974	0.123	0.131	0.151	0.201	0.247	0.279	0.302	0.342	0.355	0.422
1975	**0.130**	0.121	0.179	0.241	0.277	0.305	0.303	0.337	0.373	0.465
1976	0.085	**0.114**	0.136	0.230	0.269	0.292	0.312	0.315	0.397	0.454
1977	0.106	0.175	**0.157**	0.197	0.268	0.286	0.304	0.292	0.319	0.421
1978	0.091	0.140	0.244	**0.254**	0.281	0.297	0.332	0.343	0.347	0.471
1979	0.090	0.163	0.187	0.259	**0.295**	0.335	0.363	0.386	0.386	0.458
1980	0.094	0.165	0.230	0.279	0.310	**0.353**	0.386	0.419	0.435	0.534
1981	**0.141**	0.158	0.249	0.282	0.359	0.372	**0.420**	0.451	0.479	0.515
1982	0.149	**0.147**	0.227	0.293	0.328	0.401	0.423	**0.440**	0.485	0.507
1983	0.084	0.185	**0.181**	0.260	0.308	0.333	0.410	0.436	**0.453**	0.503
1984	0.055	0.131	0.207	**0.233**	0.280	0.326	0.348	0.401	0.440	**0.494**
1985	0.028	0.110	0.182	0.232	**0.270**	0.309	0.345	0.366	0.436	0.432
1986	0.079	0.089	0.182	0.220	0.269	**0.304**	0.333	0.352	0.369	0.465
1987	0.098	0.140	0.192	0.241	0.277	0.306	**0.339**	0.352	0.374	0.513
1988	0.105	0.124	0.201	0.247	0.277	0.315	0.344	**0.370**	0.381	0.428
1989	0.097	0.126	0.173	0.237	0.270	0.295	0.331	0.365	**0.387**	0.428
1990	**0.081**	0.136	0.167	0.223	0.270	0.297	0.332	0.365	0.388	**0.432**
1991	0.045	**0.096**	0.188	0.202	0.263	0.301	0.337	0.368	0.396	0.426
1992	**0.053**	0.104	**0.140**	0.224	0.237	0.297	0.334	0.373	0.400	0.442
1993	0.055	**0.092**	0.172	**0.193**	0.239	0.286	0.309	0.357	0.397	0.433
1994	0.064	0.095	**0.145**	0.199	**0.224**	0.277	0.321	0.353	0.385	0.438
1995	0.078	0.101	0.156	**0.190**	0.225	**0.277**	0.318	0.352	0.391	0.439
1996	0.070	0.102	0.144	0.209	**0.229**	0.265	**0.311**	0.353	0.366	0.456
1997	**0.073**	0.113	0.150	0.189	0.244	**0.277**	0.303	**0.346**	0.403	0.450
1998	0.073	**0.108**	0.159	0.194	0.222	0.260	**0.303**	0.310	**0.357**	0.426
1999	0.075	0.109	**0.151**	0.198	0.218	0.259	0.281	**0.330**	0.329	**0.415**
2000	0.055	0.106	0.153	**0.189**	0.241	0.260	0.298	0.336	**0.353**	0.416
2001	0.065	0.104	0.153	0.198	**0.233**	0.281	0.297	0.326	0.376	**0.422**
2002	**0.064**	0.114	0.169	0.211	0.246	**0.276**	0.320	0.330	0.383	0.446
2003	**0.069**	**0.113**	0.174	0.218	0.253	0.279	**0.314**	0.340	0.377	0.446
2004	0.052	**0.105**	**0.164**	0.205	0.246	0.274	0.297	**0.335**	0.335	0.406
2005	0.055	0.086	**0.142**	**0.187**	0.212	0.253	0.273	0.297	**0.324**	0.323
2006	0.054	0.097	0.130	**0.170**	**0.205**	0.225	0.257	0.280	0.299	**0.349**
2007	0.0479	0.093	0.145	0.165	**0.193**	**0.220**	0.242	0.263	0.295	0.316
2008	0.053	0.098	0.140	0.176	0.195	**0.217**	**0.241**	0.264	0.282	0.317
2009	0.057	0.089	0.147	0.175	0.205	0.222	**0.242**	**0.264**	0.283	0.333
2010	0.059	0.087	0.137	0.179	0.206	0.233	0.247	**0.266**	**0.284**	0.345
2011[3]	0.059	0.083	0.122	0.171	0.211	0.232	0.259	0.273	**0.291**	**0.336**

[1] NOAA Fisheries Toolbox (2009a)

[2] Les nombres en foncés et soulignés représentent des classes d'âge dominantes / *Bold and underlined numbers represent dominant year-classes*

[3] Préliminaire / *Preliminary*

Tableau 13. Proportion annuelle de la maturité à l'âge des harengs reproducteurs d'automne de la Division 4R de l'OPANO, 1965-2011.

Table 13. Annual proportion of the maturity at age for the fall spawning herring of NAFO Division 4R, 1965-2011.

ANNÉE / YEAR	GROUPE D'ÂGE / AGE GROUP									
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+
1965	0.000	0.000	0.222	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1966	0.000	0.000	0.429	0.857	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1967	0.000	0.000	0.278	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1968	0.000	0.000	0.278	0.875	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1969	0.000	0.000	0.182	0.769	0.857	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1970	0.000	0.091	0.143	0.800	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1971	0.000	0.000	0.143	0.800	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1972	0.000	0.000	0.105	0.889	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1973	0.000	0.000	0.308	0.850	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1974	0.000	0.000	0.500	0.882	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1975	0.000	0.000	0.714	0.932	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1976	0.000	0.000	0.893	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1977	0.000	0.000	0.914	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1978	0.000	0.000	0.914	0.973	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1979	0.000	0.000	0.914	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1980	0.000	0.108	0.871	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1981	0.000	0.400	0.972	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1982	0.000	0.400	0.969	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1983	0.000	0.048	0.867	0.990	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1984	0.000	0.154	0.732	0.979	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1985	0.000	0.000	0.543	0.990	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1986	0.000	0.000	0.649	0.985	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1987	0.000	0.143	0.867	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1988	0.000	0.000	0.563	0.938	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1989	0.000	0.047	0.682	0.857	0.974	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1990	0.000	0.048	0.727	0.667	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1991	0.000	0.069	0.880	0.944	0.941	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1992	0.000	0.325	0.824	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1993	0.000	0.077	0.947	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1994	0.000	0.500	0.694	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1995	0.000	0.500	0.884	0.959	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1996	0.000	0.208	0.810	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1997	0.000	0.273	0.778	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1998	0.000	0.025	0.878	0.953	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
1999	0.000	0.086	0.639	0.958	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2000	0.000	0.400	0.667	0.980	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2001	0.000	0.000	0.750	0.985	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2002	0.017	0.216	0.810	0.985	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2003	0.002	0.081	0.796	0.994	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2004	0.006	0.143	0.832	0.993	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2005	0.001	0.037	0.537	0.972	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2006	0.010	0.082	0.442	0.875	0.984	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000
2007	0.020	0.085	0.296	0.656	0.897	0.975	0.994	0.999	1.000	1.000
2008	0.012	0.073	0.341	0.773	0.957	0.993	0.999	1.000	1.000	1.000
2009	0.000	0.007	0.266	0.949	0.999	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
2010	0.028	0.122	0.399	0.761	0.938	0.986	0.997	0.999	1.000	1.000
2011 [1]	0.009	0.055	0.262	0.685	0.930	0.988	0.998	1.000	1.000	1.000

[1] Préliminaire / *Preliminary*

Tableau 14. Abondance totale à l'âge[1] (000's) des harengs reproducteurs d'automne selon les relevés acoustiques réalisés dans la Division 4R de l'OPANO depuis 1991.

Table 14. Total abundance at age[1] (000's) for the fall spawning herring from the acoustic surveys conducted in NAFO Division 4R since 1991.

ANNÉE / YEAR	GROUPE D'ÂGE / AGE GROUP										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11+	2+
1991	0	8841	37546	29664	12515	4207	12515	16616	4101	106938	232942
1993	3054	42610	25955	33590	14213	36785	9533	5601	8996	31228	211566
1995	0	7365	15411	59905	12296	20719	8609	16702	5713	36515	183236
1997	119	3334	29209	12209	13805	69256	7892	17097	1849	36207	190978
1999	838	19431	83377	42889	44183	10165	4585	52314	7335	26596	291712
2002	1422	4451	66684	4943	24607	85516	32926	20979	3156	17721	262405
2009	3457	1176	19761	10339	10284	28945	91067	73939	4537	18596	262099
2010	0	6893	7750	36354	22157	17341	37560	71483	33724	18955	252218
2011	0	56493	28441	21786	40731	25420	32982	89041	146666	43063	484622

[1] En 2010, aucun échantillon n'a été récolté dans la strate 10 où d'importants signaux acoustiques avaient été détectés / *In 2010, no samples were collected in stratum 10 where significant acoustic signals had been detected*

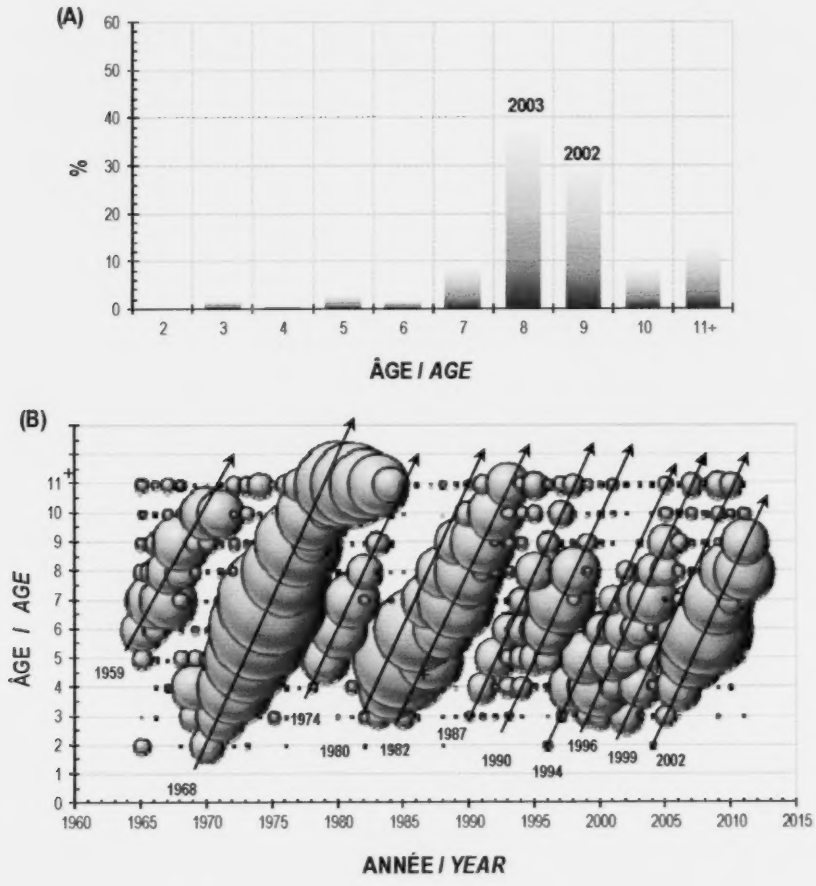

Figure 1. *Capture à l'âge (%) commerciale de 2011 (A) et classes d'âge dominantes (B) des harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO depuis 1965 / Commercial catch at age (%) in 2011 (A) and dominant year-classes (B) of the spring spawning herring of NAFO Division 4R since 1965.*

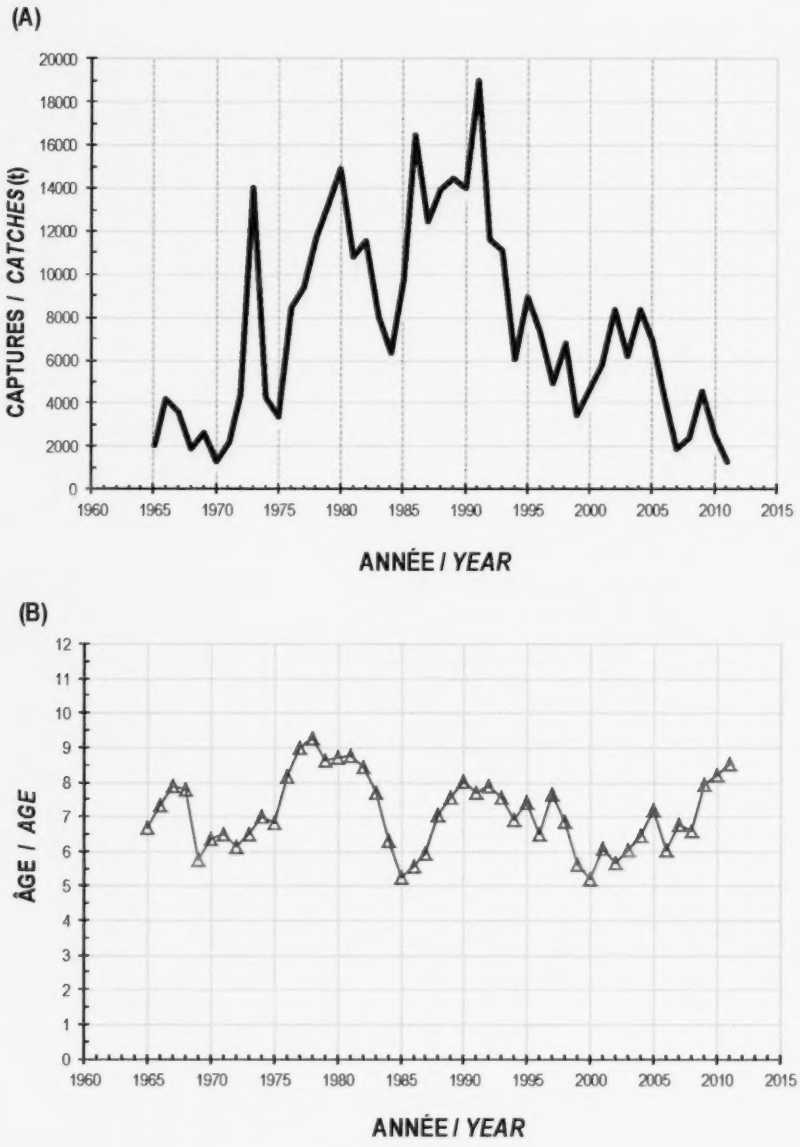

Figure 2. *Biomasse (t) de la capture commerciale (A) et âge moyen de la capture (B) des harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO / Biomass (t) of the commercial catch (A) and mean age of the catch (B) of the spring spawning herring of NAFO Division 4R.*

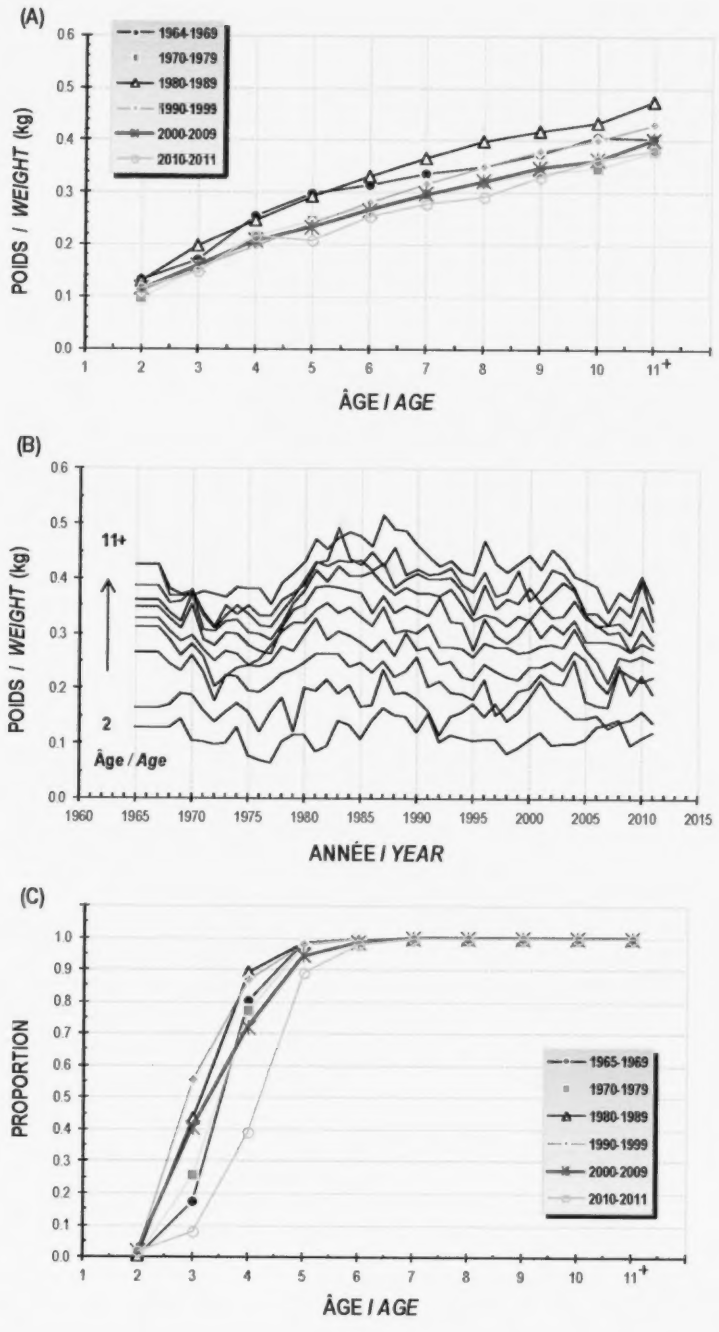

Figure 3. Poids (kg) moyens de la capture par période d'années (A), poids (kg) annuels à l'âge (B) et proportion de la maturité à l'âge (C) des harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO / Mean weight of the catch by period of years (A), annual weights (kg) at age (B), and proportion of maturity at age (C) of the spring spawning herring of NAFO Division 4R.

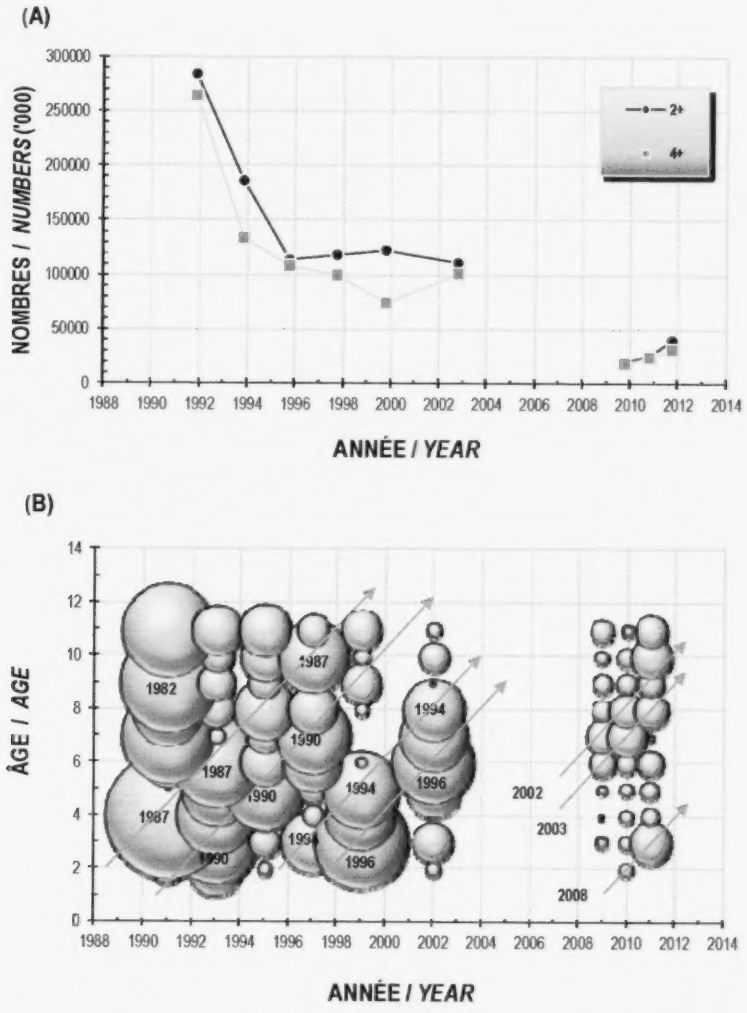

Figure 4. *Relevés acoustiques : Nombres annuels (000's) (A) et nombres (000's) à l'âge (les classes d'âge dominantes sont indiquées) (B) des harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO (les données de la strate 10 en 2010 ne sont pas incluses; seuls les nombres à l'âge des trois derniers relevés ont été utilisés dans l'ASP exploratoire) / Acoustic surveys : Annual numbers (000's) (A) and numbers (000's) at age (dominant year-classes are indicated) (B) of the spring spawning herring of NAFO Division 4R (data from stratum 10 in 2010 are not included; only the numbers at age from the last three surveys were used in the exploratory SPA).*

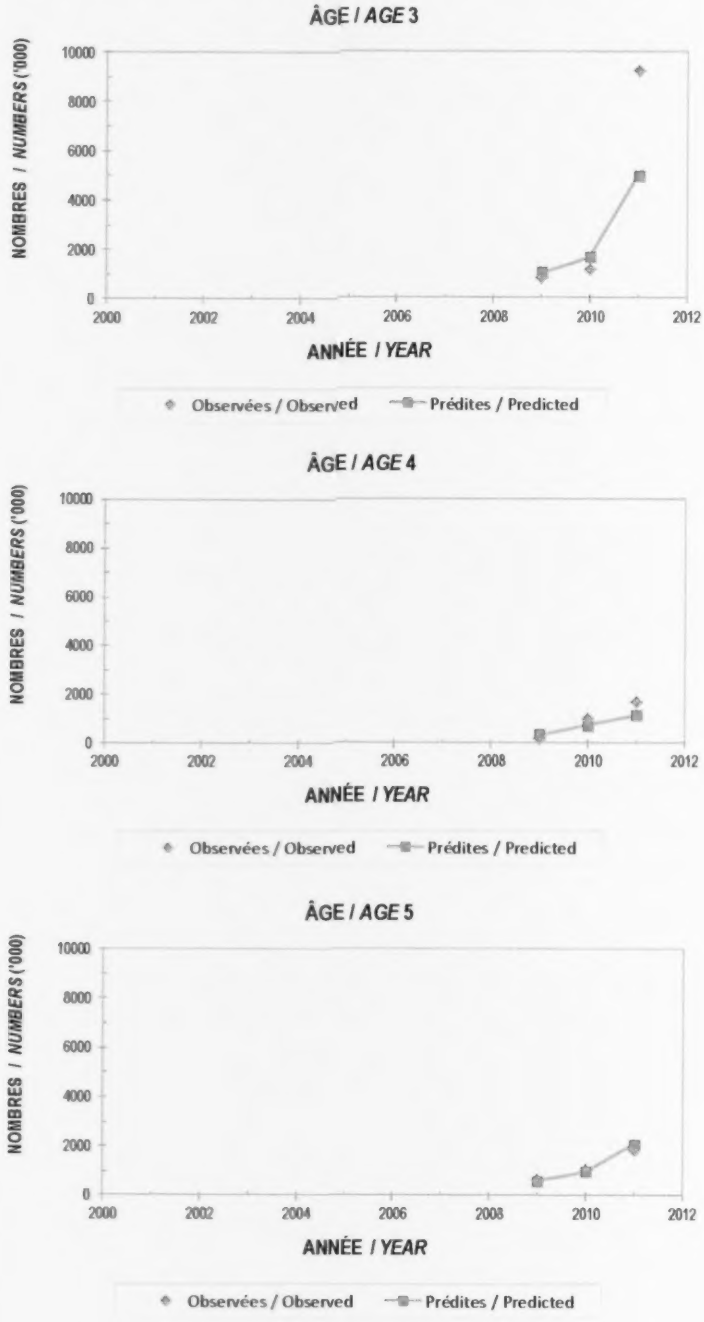

Figure 5. Relations à l'âge entre les valeurs observées de l'indice d'abondance et les valeurs prédites par le modèle exploratoire d'ASP pour les harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO / Relationships at age between the observed values of the index of abundance and the predicted values by the exploratory SPA model for the spring spawning herring of NAFO Division 4R.

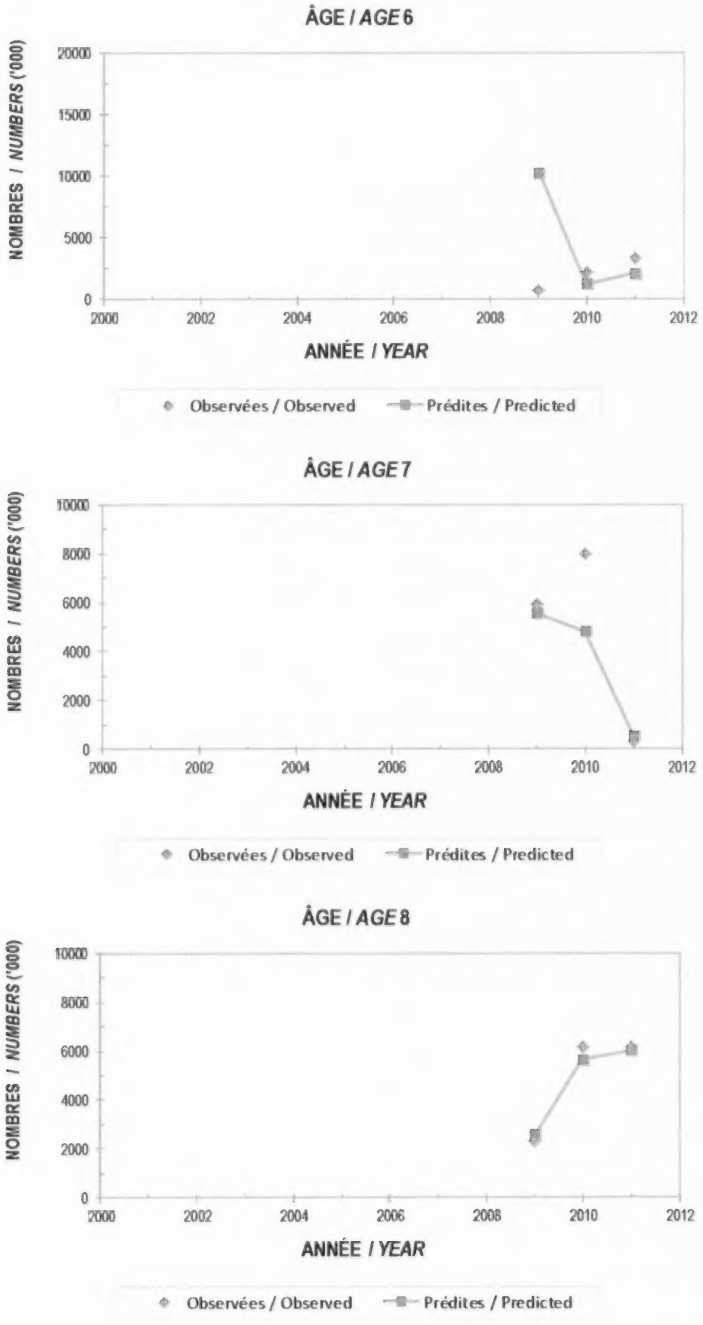

Figure 5. (Suite / Continued).

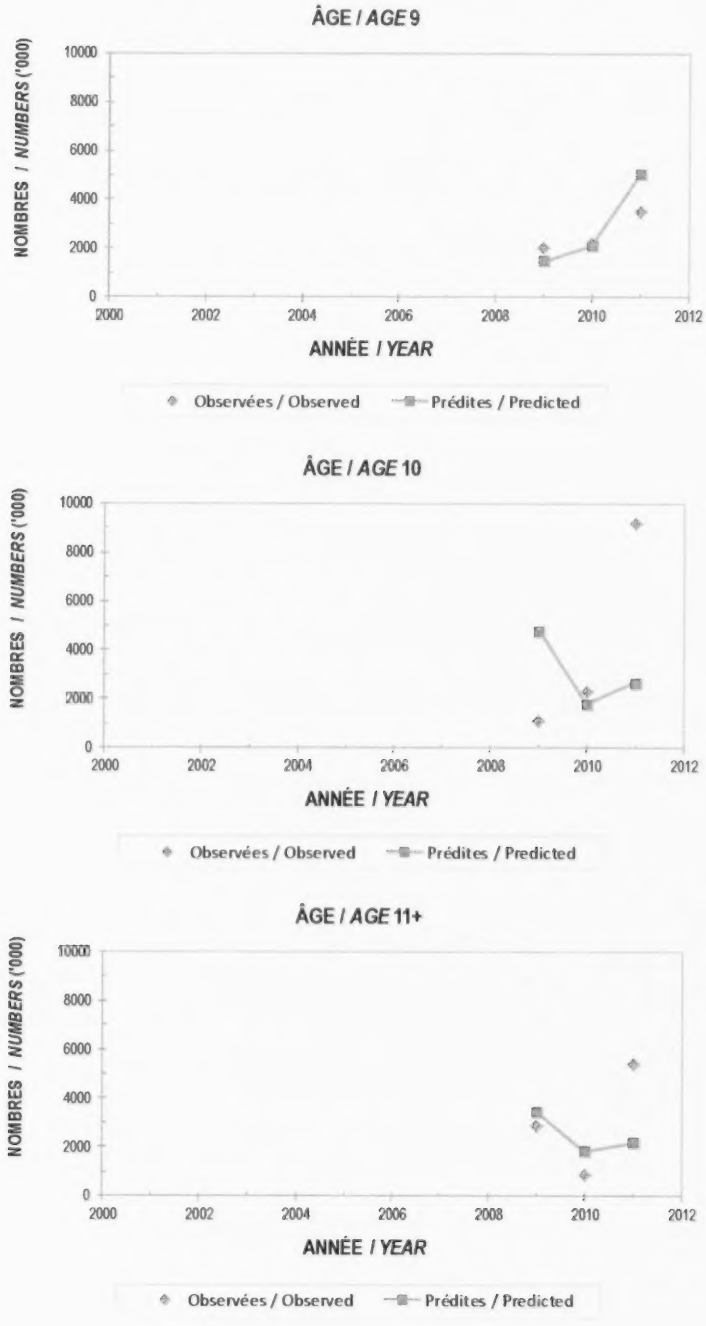

Figure 5. (Suite / Continued).

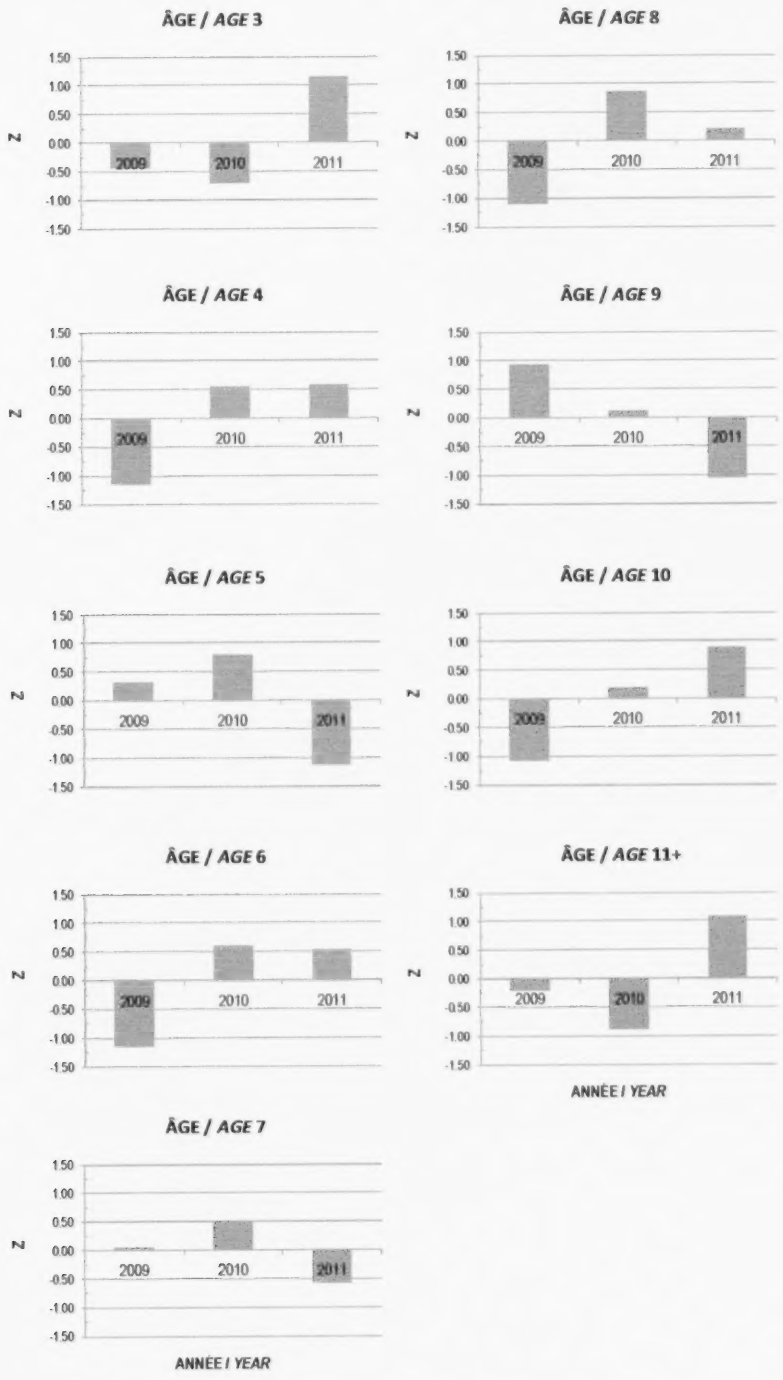

Figure 6. Résidus pondérés (z "scores") à l'âge des relevés acoustiques utilisés pour le calibrage du modèle exploratoire d'ASP des harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO / Weighted residuals (z "scores") at age of the acoustic surveys used to calibrate the exploratory SPA model of the spring spawning herring of NAFO Division 4R.

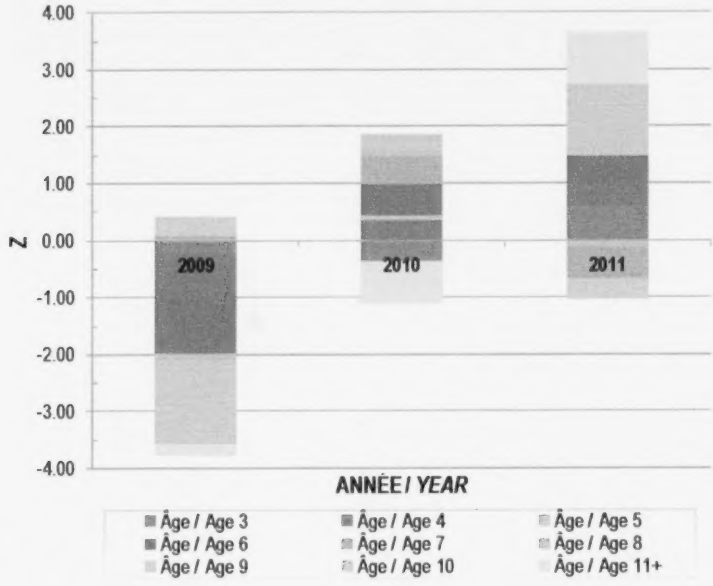

Figure 7. Résidus pondérés (z "scores") des relevés acoustiques utilisés pour le calibrage du modèle exploratoire d'ASP des harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO / Weighted residuals (z "scores") of the acoustic surveys used to calibrate the exploratory SPA model of the spring spawning herring of NAFO Division 4R.

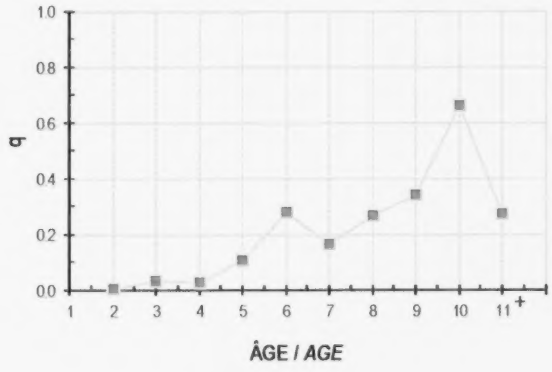

Figure 8. Coefficients de capturabilité à l'âge de l'indice des relevés acoustiques des harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO / Coefficients of catchability at age of the acoustic surveys index of the spring spawning herring of NAFO Division 4R.

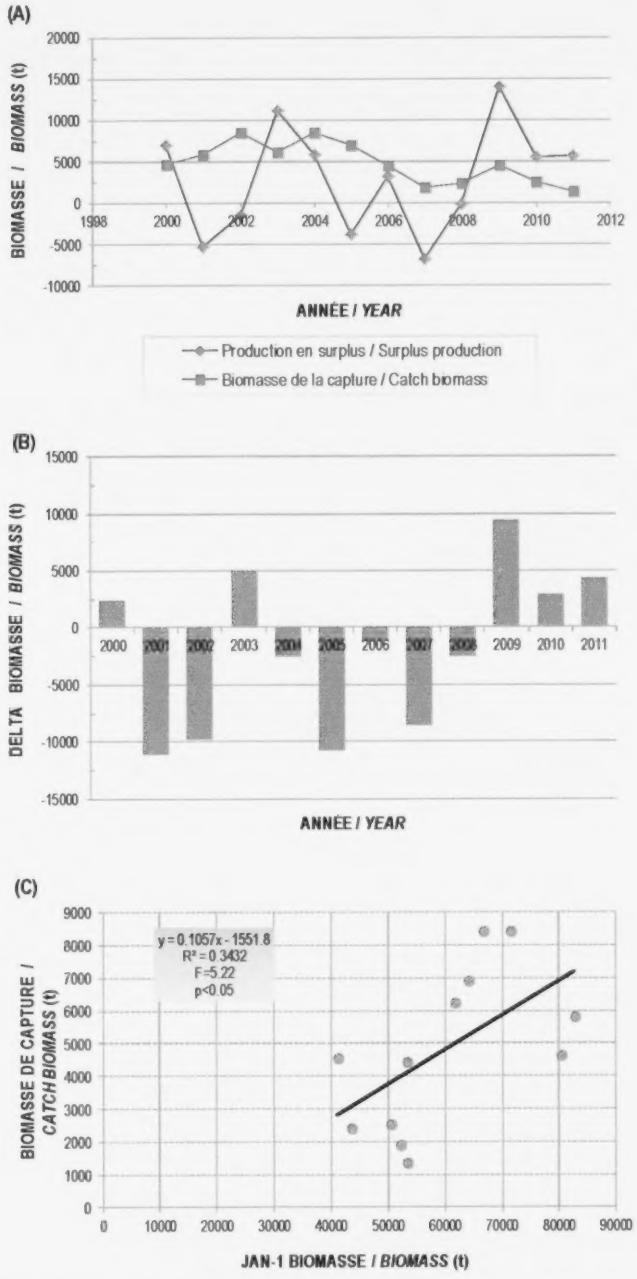

Figure 9. ASP exploratoire : Valeurs annuelles de la production (t) en surplus et de la biomasse (t) de la capture (A), delta biomasse (t) (B) et relation entre la biomasse (t) au 1er janvier et la biomasse (t) de la capture (C) des harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO / Exploratory SPA : Annual values of the surplus production (t) and catch biomass (t) (A), delta biomass (t) (B), and relationship between Jan 1st biomass (t) and catch biomass (t) (C) of the spring spawning herring of NAFO Division 4R.

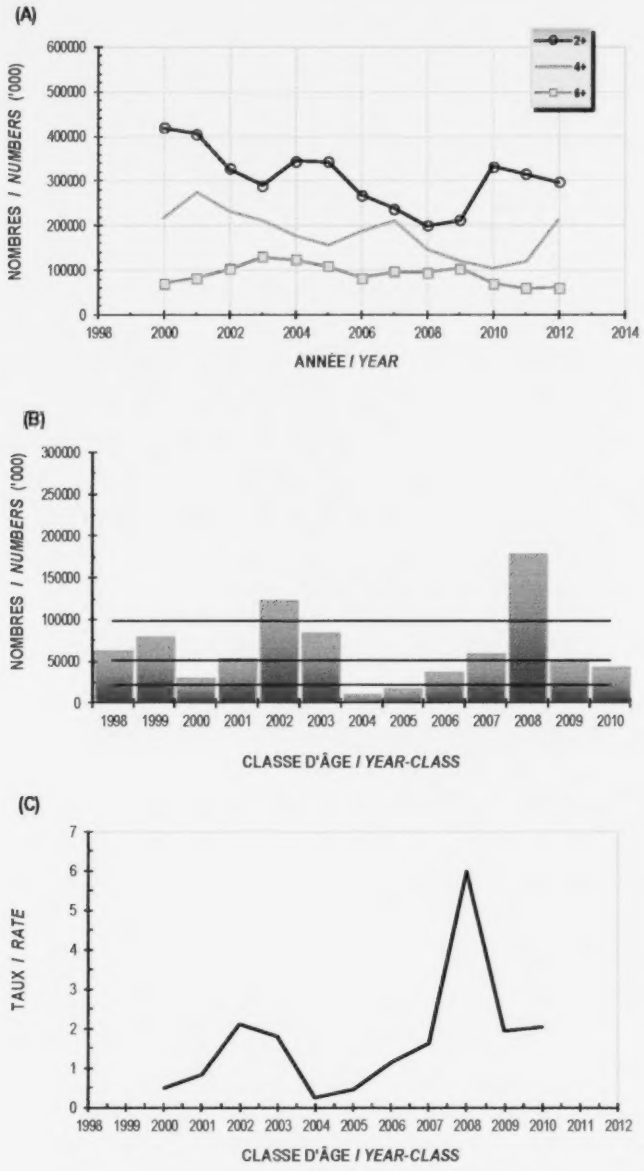

Figure 10. *ASP exploratoire : Abondance ('000) (A), recrutement à l'âge 2 (les lignes horizontales représentent 3 niveaux de recrutement: bas, moyen et élevé) (B) et taux de recrutement à l'âge 2 (C) des harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO / Exploratory SPA : Abundance ('000) (A), recruitment at age 2 (the horizontal lines represent three levels of recruitment: low, average, and high) (B), and recruitment rate at age 2 (C) of the spring spawning herring of NAFO Division 4R.*

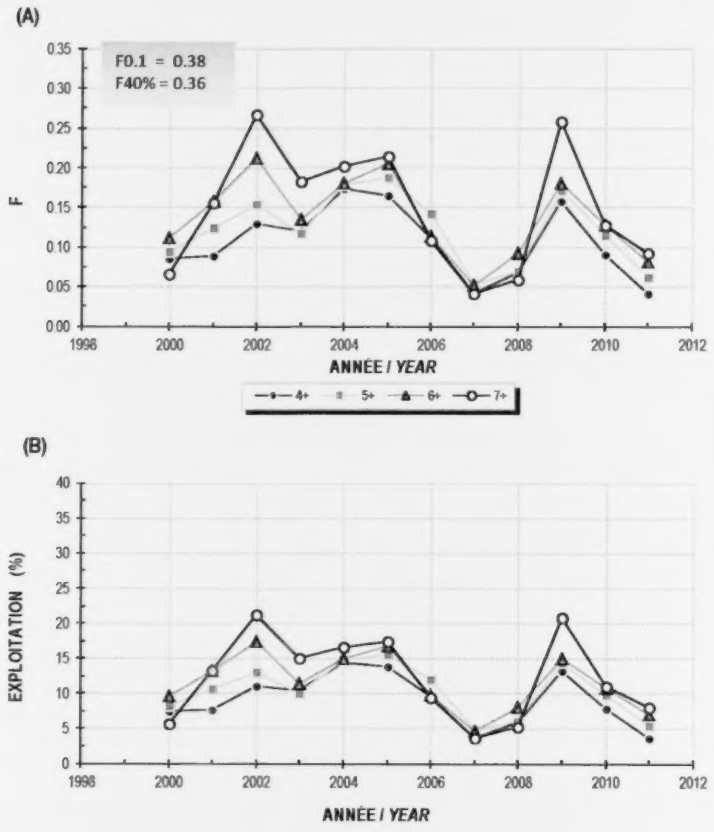

Figure 11. ASP exploratoire : Taux instantanés de mortalité par la pêche ($F_{0.1}$ et $F_{40\%}$ sont indiquées) (A) et taux d'exploitation (B) des harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO / Exploratory SPA : Instantaneous rate of fishing mortality ($F_{0.1}$ and $F_{40\%}$ are indicated) (A) and exploitation rate (B) of the spring spawning herring of NAFO Division 4R.

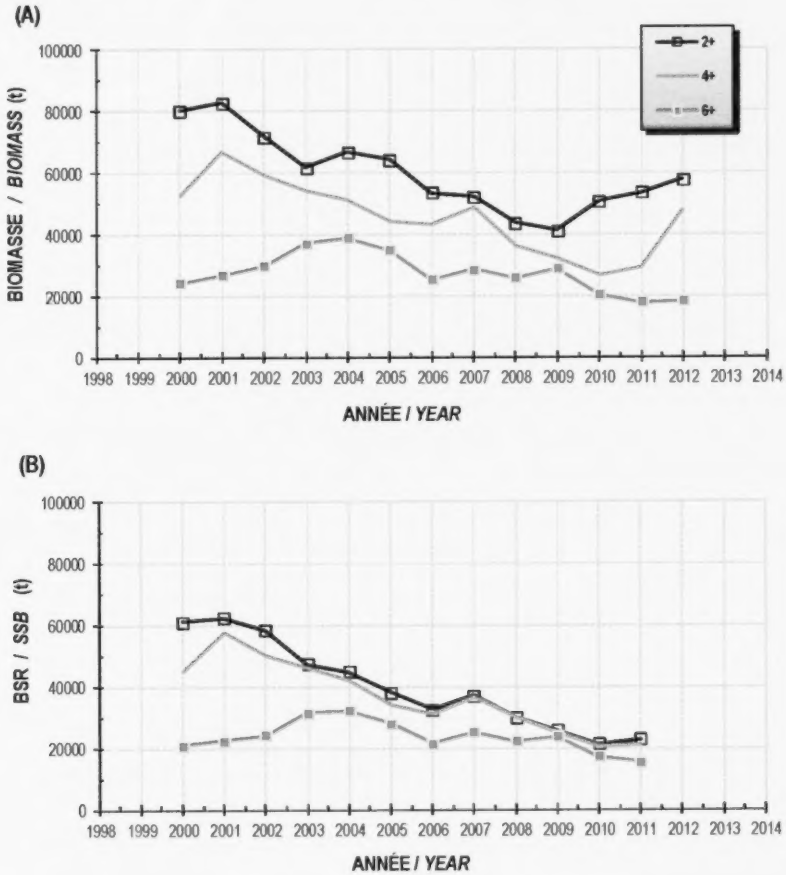

Figure 12. ASP exploratoire : Biomasse (t) (A) et biomasse reproductrice (BSR) (t) (B) pour différents groupes d'âge des harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO / Exploratory SPA : Biomass (t) (A) and spawning biomass (SSB) (t) (B) for different age groups of the spring spawning herring of NAFO Division 4R.

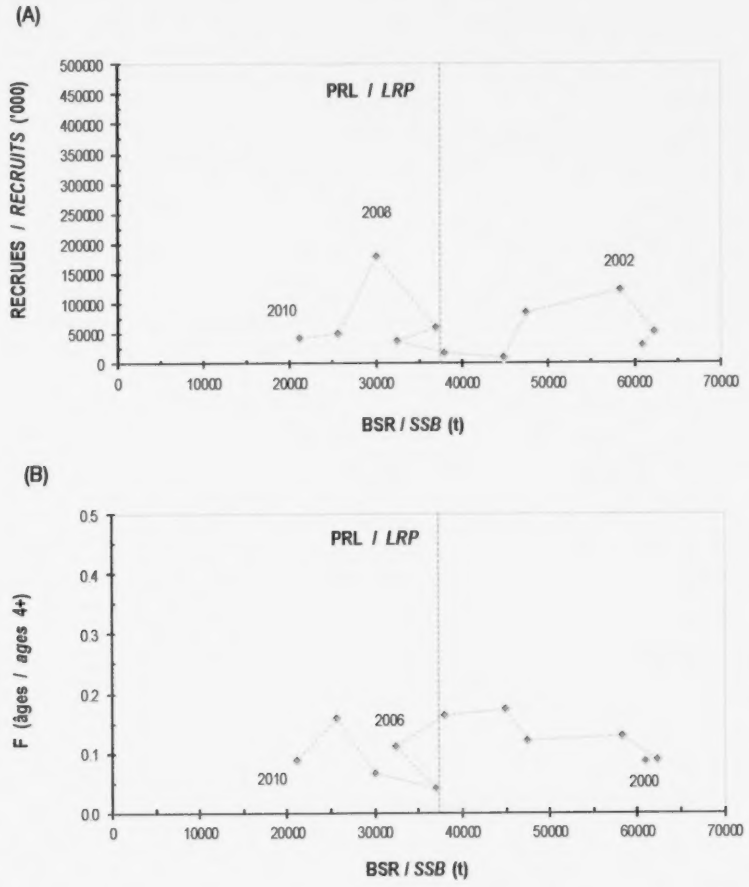

Figure 13. ASP exploratoire : Relations entre les recrues à l'âge 2 ('000) et la biomasse reproductrice (BSR) (t) (A) et entre le taux instantané de mortalité par la pêche et la biomasse reproductrice (BSR) (t) (B) des harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO (certaines années sont indiquées de même que le point de référence limite de la biomasse reproductrice -PRL- déterminé par McQuinn et al. 1999a) / Exploratory SPA : Relationships between recruits at age 2 ('000) and spawning biomass (SSB) (t) (A) and between the instantaneous rate of fishing mortality and spawning biomass (SSB) (t) (B) of the spring spawning herring of NAFO Division 4R (some years are indicated as the spawning biomass lower reference point –LRP- determined by McQuinn et al. 1999a).

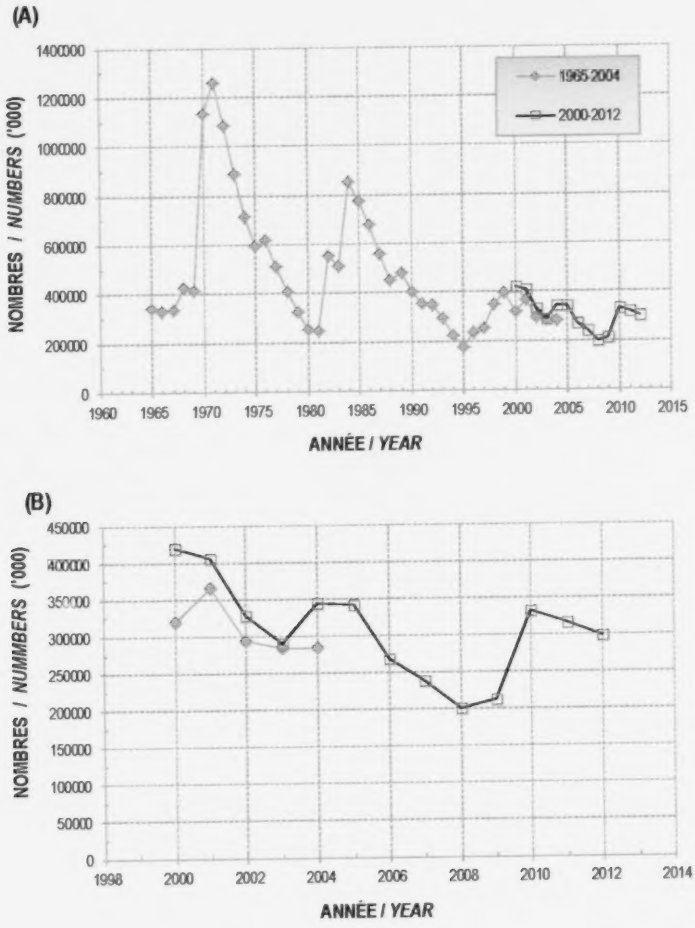

Figure 14. Comparaison entre les abondances ('000) (âges 2^+) des harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO calculées par le dernier modèle d'ASP (Grégoire et al. 2004b; 1965-2004) et par l'ASP exploratoire (2000-2012) utilisée dans la présente étude : (A) période 1965-2012 et (B) période 2000-2012 / Comparison between the abundances ('000) (ages 2^+) of the spring spawning herring of NAFO Division 4R calculated by the last SPA model (Grégoire et al. 2004b; 1965-2004) and by the exploratory SPA (2000-2012) used in this study : (A) 1965-2012 period and (B) 2000-2012 period.

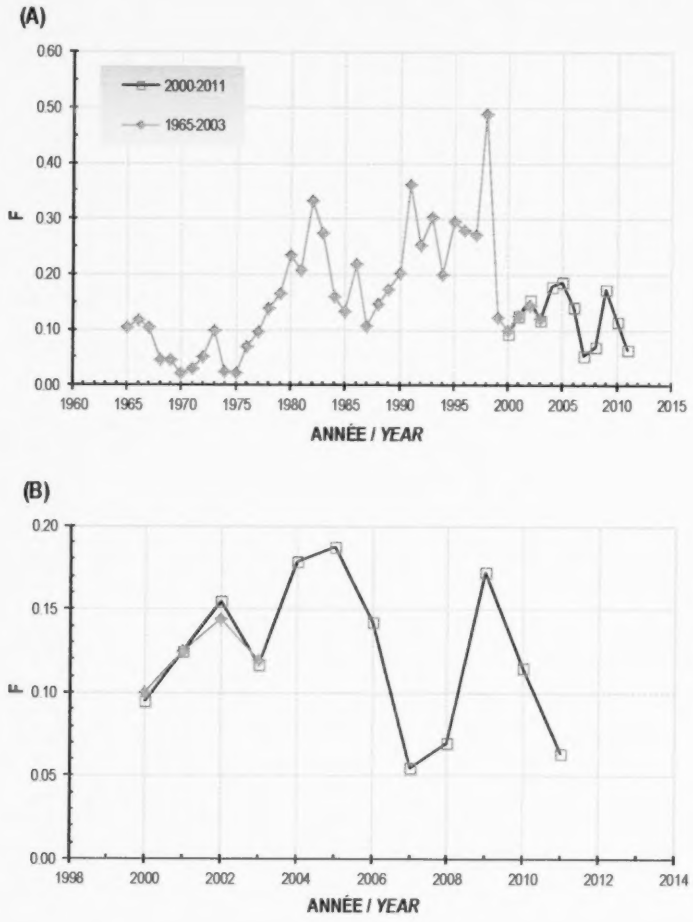

Figure 15. Comparaison entre les taux instantanés de mortalité par la pêche des harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO calculés par le dernier modèle d'ASP (Grégoire et al. 2004b; 1965-2003) et par l'ASP exploratoire (2000-2011) utilisée dans la présente étude : (A) période 1965-2011 et (B) période 2000-2011 / Comparison between the instantaneous rate of fishing mortality of the spring spawning herring of NAFO Division 4R calculated by the last SPA model (Grégoire et al. 2004b; 1965-2003) and by the exploratory SPA (2000-2011) used in this study : (A) 1965-2011 period and (B) 2000-2011 period.

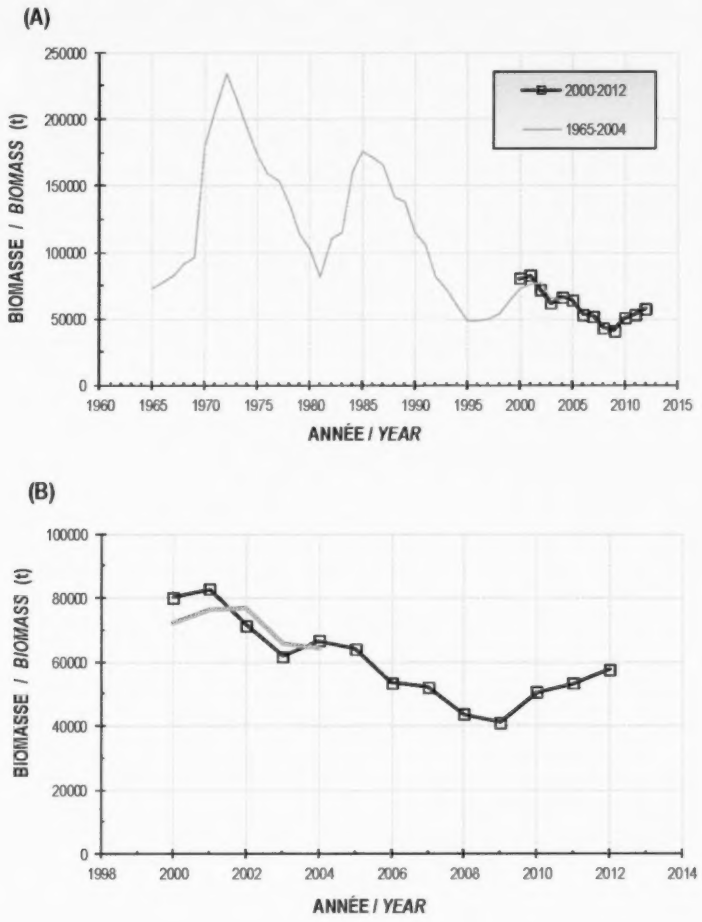

Figure 16. Comparaison entre les biomasses (t) des harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO) (âges 2^+) calculées par le dernier modèle d'ASP (Grégoire et al. 2004b; 1965-2004) et par l'ASP exploratoire (2000-2012) utilisée dans la présente étude : (A) période 1965-2012 et (B) période 2000-2012 / Comparison between the biomass (t) of the spring spawning herring of NAFO Division 4R (ages 2^+) calculated by the last SPA model (Grégoire et al. 2004b; 1965-2004) and by the exploratory SPA (2000-2012) used in this study : (A) 1965-2012 period and (B) 2000-2012 period.

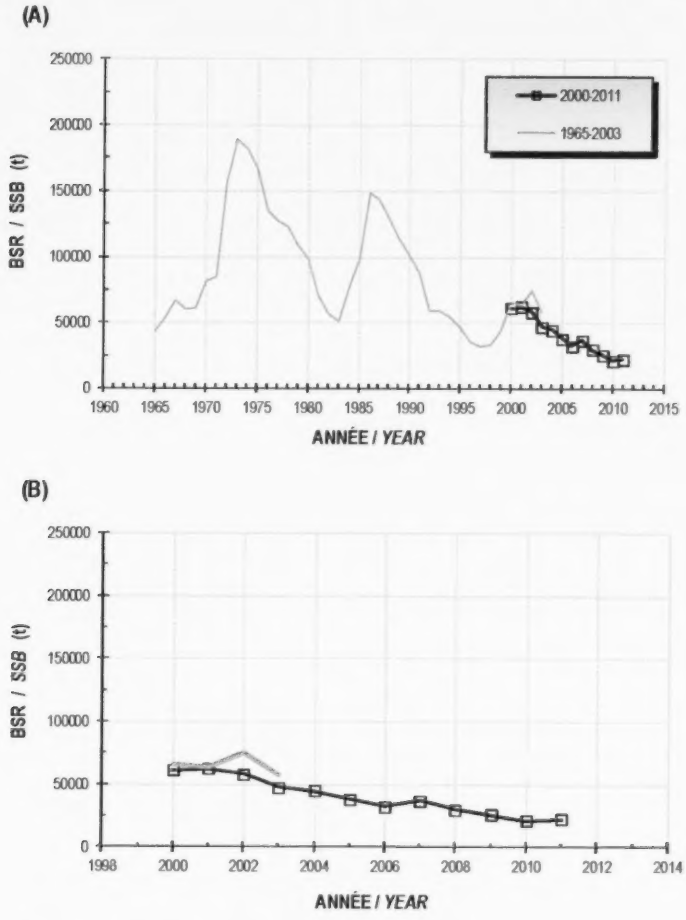

Figure 17. Comparaison entre les biomasses reproductrices (BSR) (t) des harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO (âges 2$^+$) calculées par le dernier modèle d'ASP (Grégoire et al. 2004b; 1965-2003) et par l'ASP exploratoire (2000-2011) utilisée dans la présente étude : (A) période 1965-2011 et (B) période 2000-2011 / Comparison between the spawning stock biomass (SSB) (t) of the spring spawning herring of NAFO Division 4R (ages 2$^+$) calculated by the last SPA model (Grégoire et al. 2004b; 1965-2003) and by the exploratory SPA (2000-2011) used in this study : (A) 1965-2011 period and (B) 2000-2011 period.

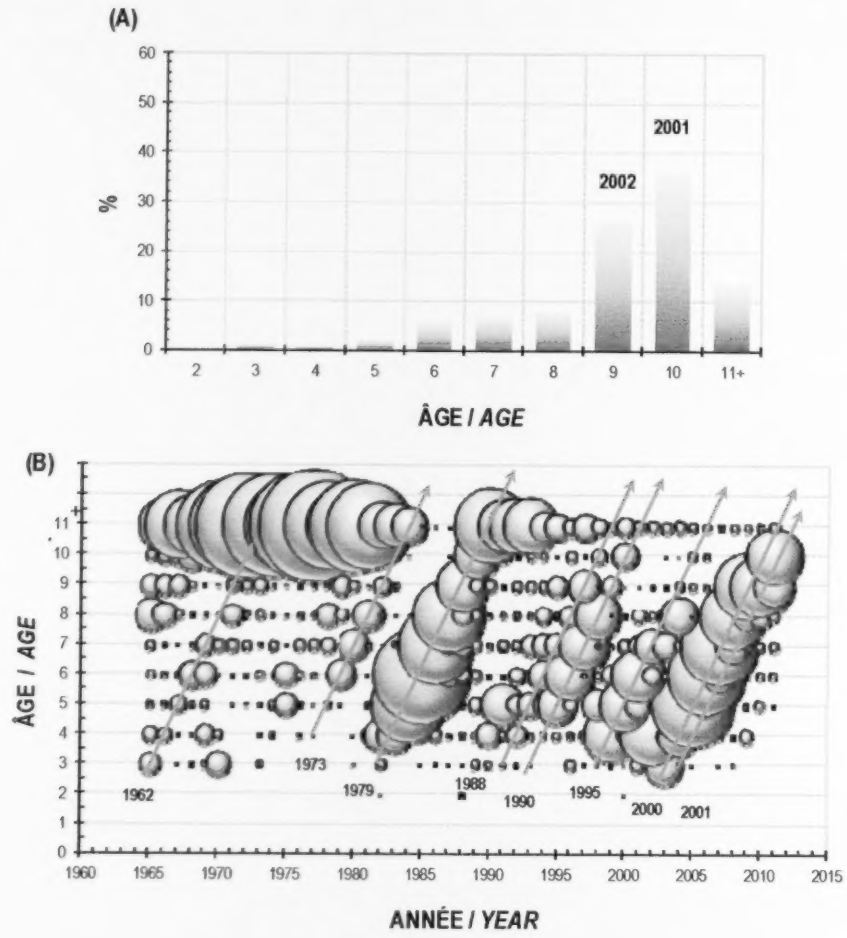

Figure 18. Capture à l'âge (%) commerciale de 2011 (A) et classes d'âge dominantes (B) des harengs reproducteurs d'automne de la Division 4R de l'OPANO depuis 1965 / Commercial catch at age (%) in 2011 (A) and dominant year-classes (B) of the fall spawning herring of NAFO Division 4R since 1965.

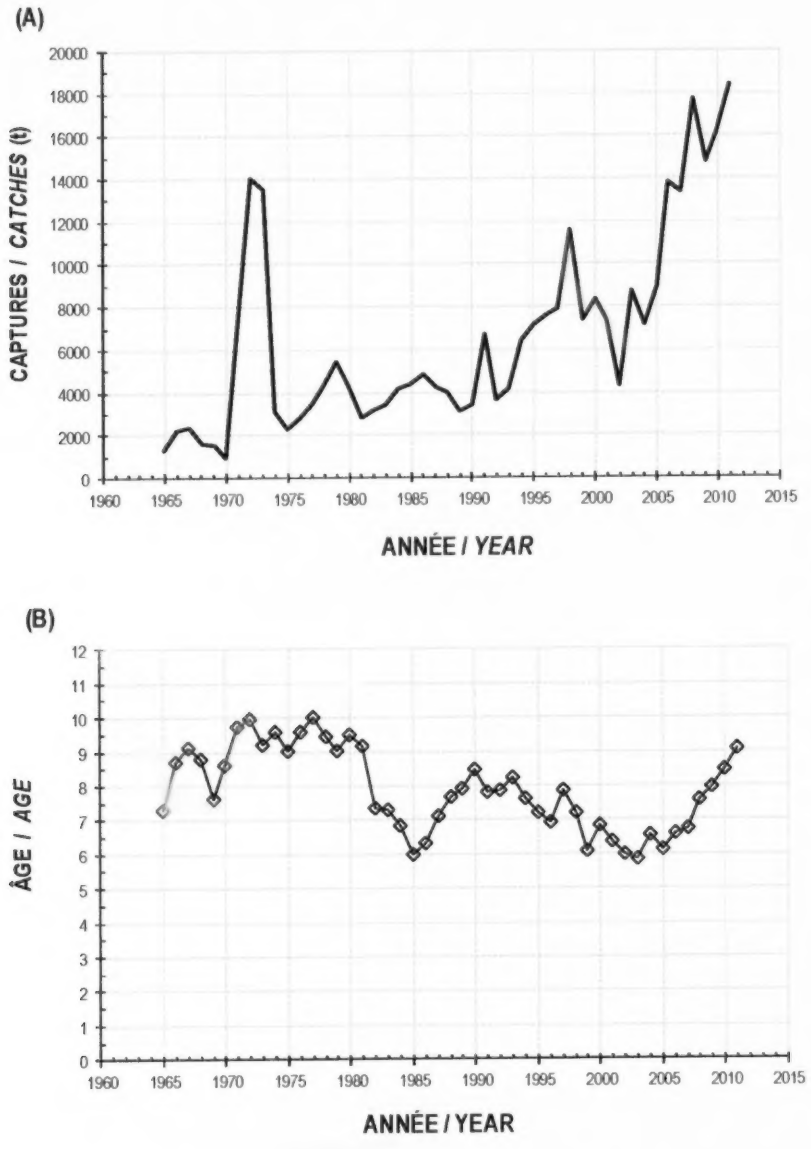

Figure 19. Biomasse (t) de la capture commerciale (A) et âge moyen de la capture (B) des harengs reproducteurs d'automne de la Division 4R de l'OPANO / Biomass (t) of the commercial catch (A) and mean age of the catch (B) of the fall spawning herring of NAFO Division 4R.

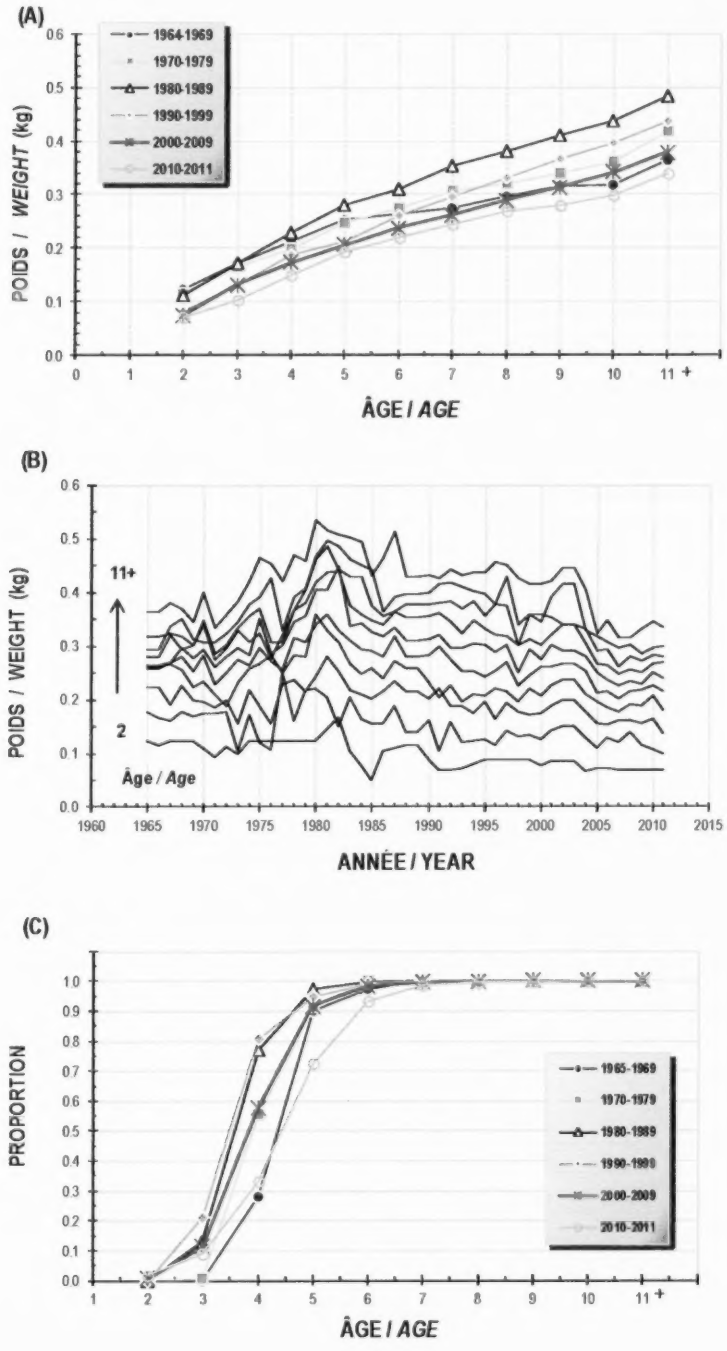

Figure 20. Poids (kg) moyens de la capture par période d'années (A), poids (kg) annuels à l'âge (B) et proportion de la maturité à l'âge (C) des harengs reproducteurs d'automne de la Division 4R de l'OPANO / Mean weight (kg) of the catch by period of years (A), annual weights (kg) at age (B), and proportion of maturity at age (C) of the fall spawning herring of NAFO Division 4R.

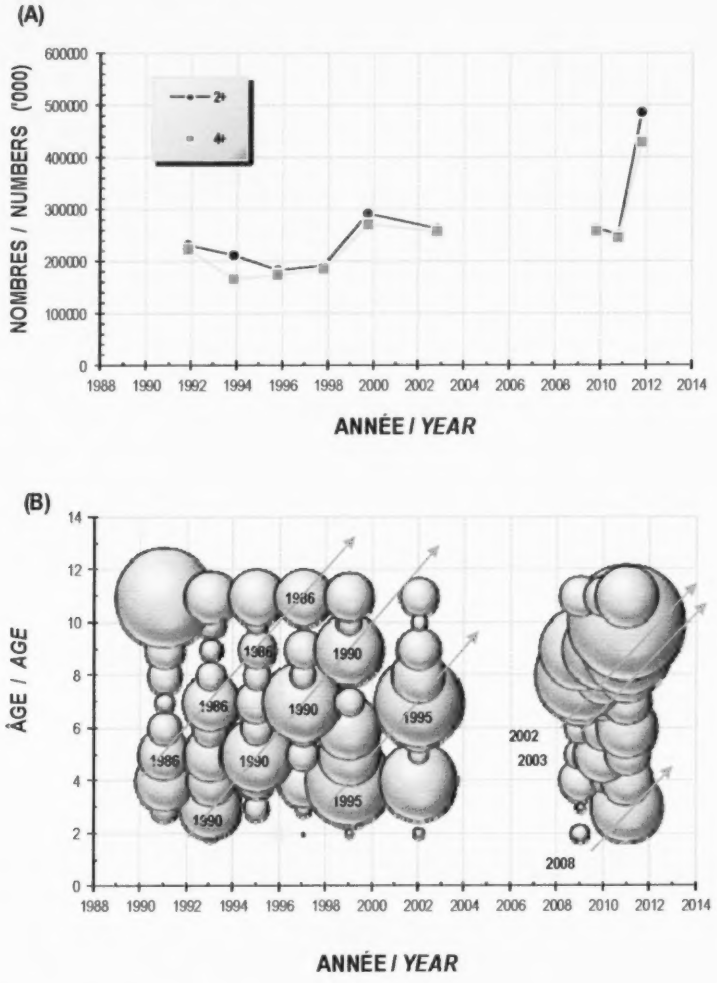

Figure 21. Relevés acoustiques : Nombres annuels (000's) (A) et nombres (000's) à l'âge (les classes d'âge dominantes sont indiquées) (B) des harengs reproducteurs d'automne de la Division 4R de l'OPANO (les données de la strate 10 en 2010 ne sont pas incluses; seuls les nombres à l'âge des trois derniers relevés ont été utilisés dans l'ASP exploratoire) / Acoustic surveys : Annual numbers (000's) (A) and numbers (000's) at age (dominant year-classes are indicated) (B) of the fall spawning herring of NAFO Division 4R (data from stratum 10 in 2010 are not included; only the numbers at age from the last three surveys were used in the exploratory SPA).

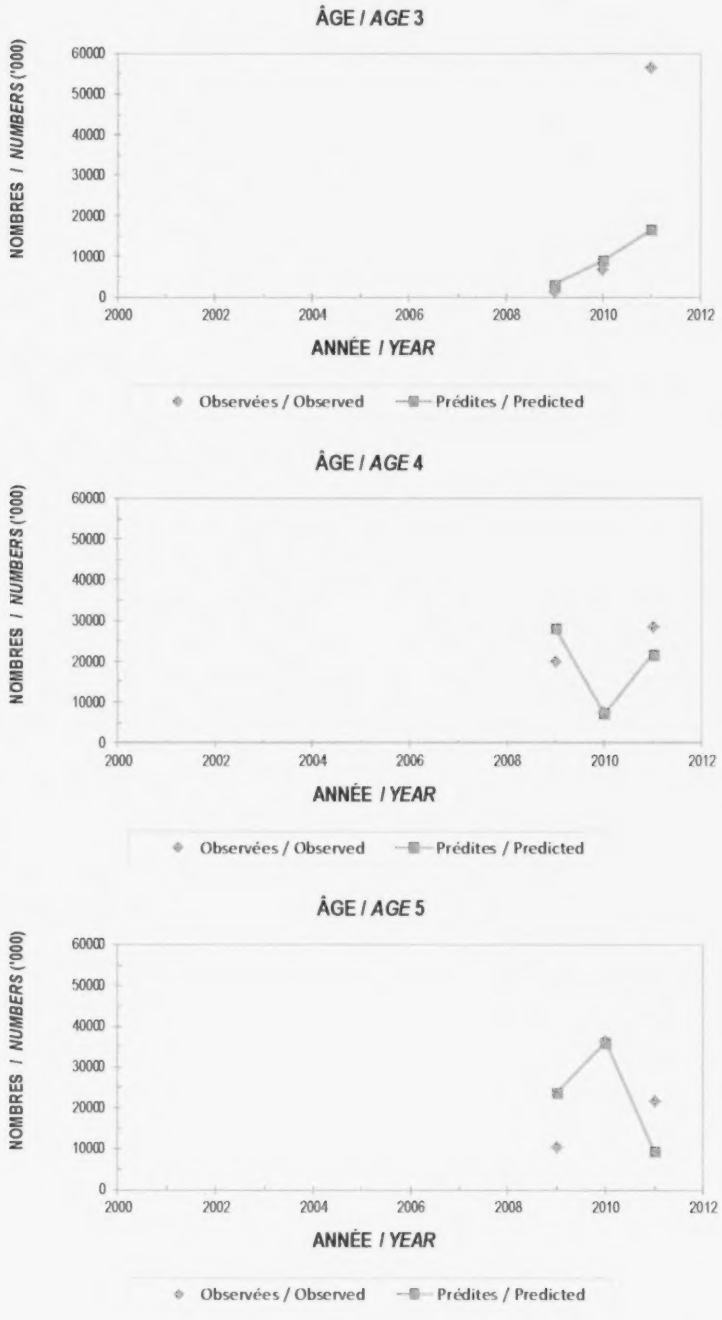

Figure 22. Relations à l'âge entre les valeurs observées de l'indice d'abondance et les valeurs prédites par le modèle exploratoire d'ASP pour les harengs reproducteurs d'automne de la Division 4R de l'OPANO / Relationships at age between the observed values of the index of abundance and the predicted values by the exploratory SPA model for the fall spawning herring of NAFO Division 4R.

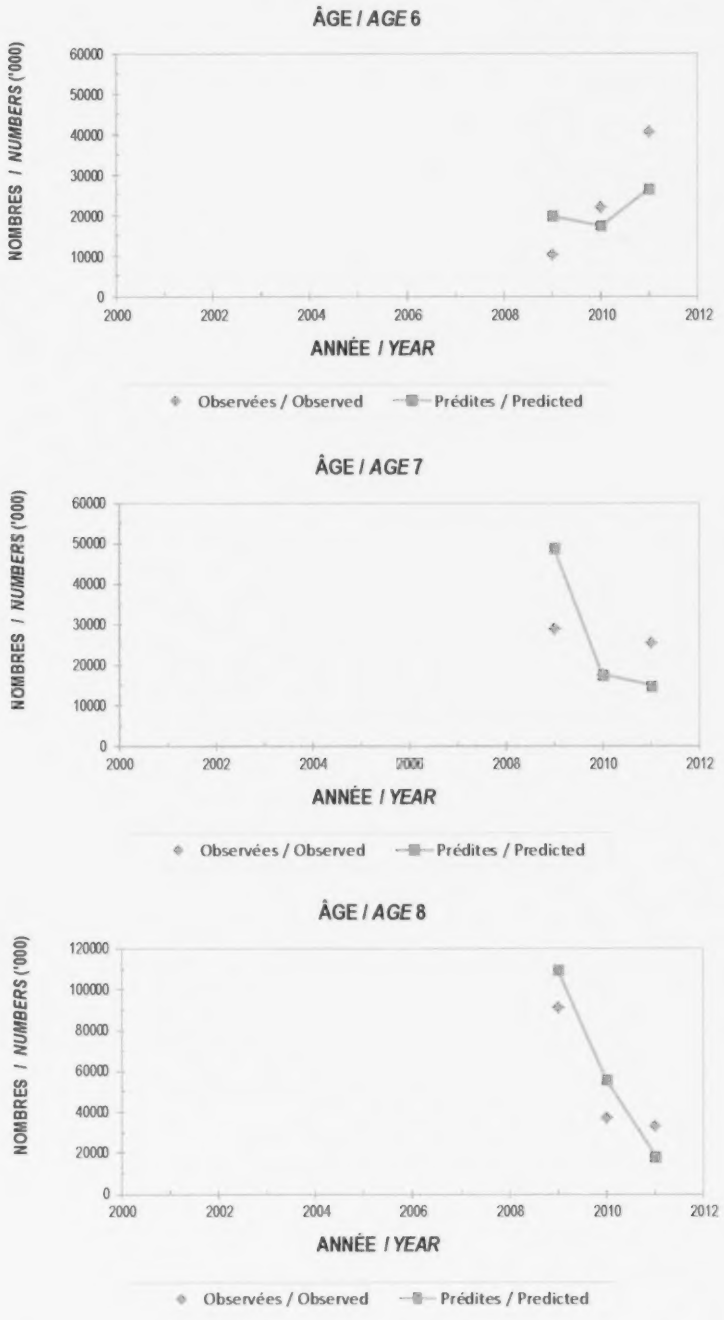

Figure 22. (Suite / Continued).

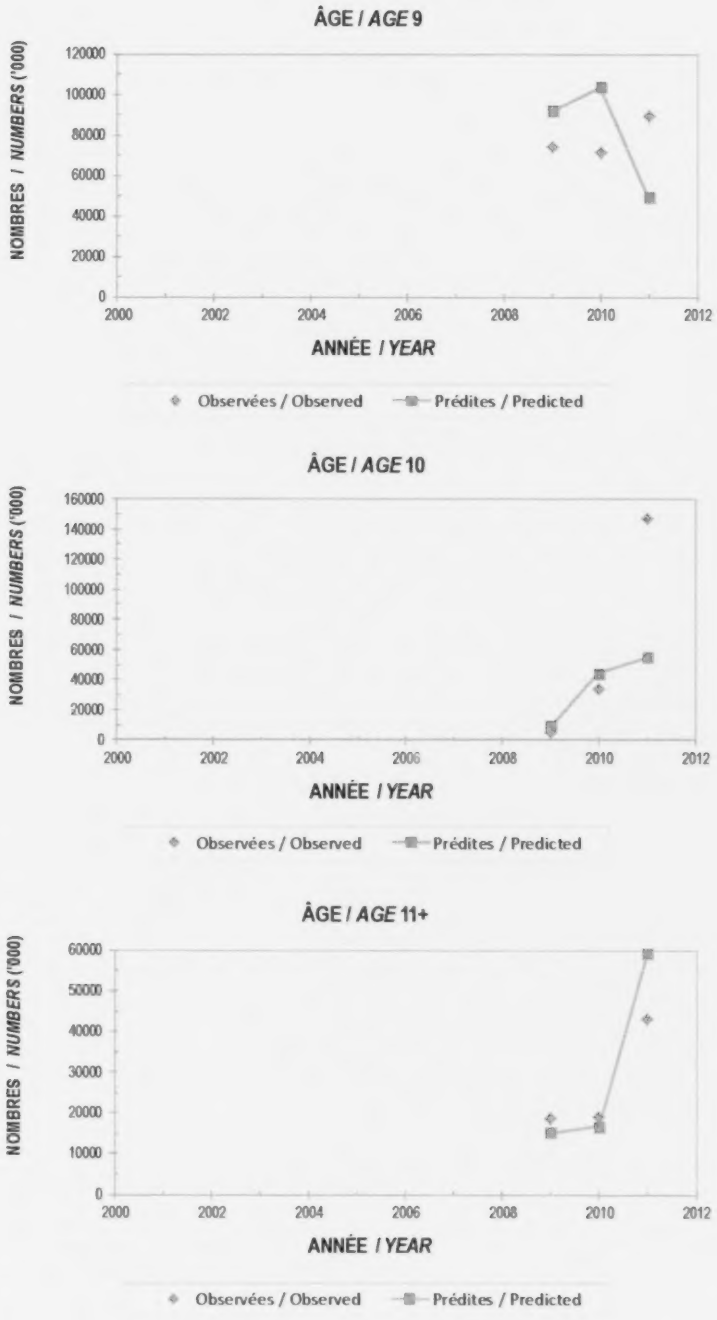

Figure 22. (Suite / Continued).

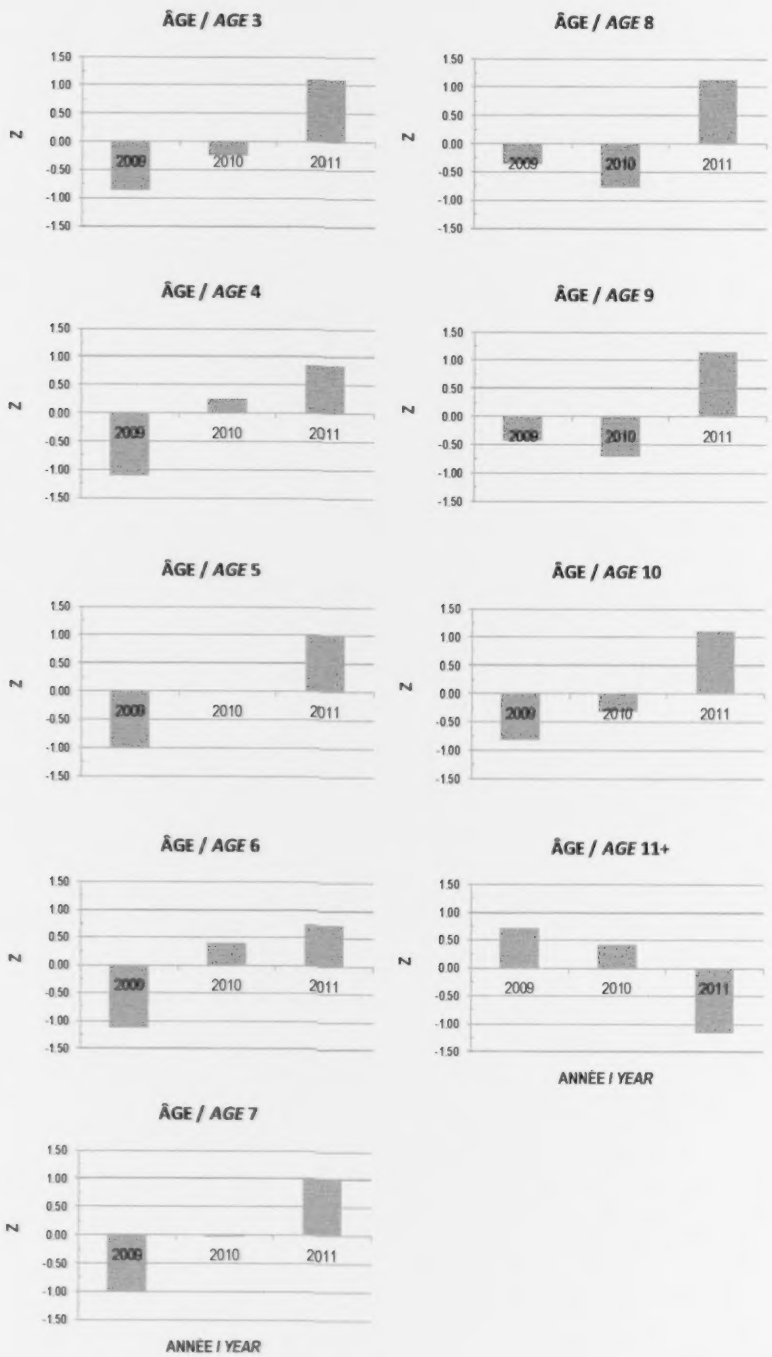

Figure 23. Résidus pondérés (z "scores") à l'âge des relevés acoustiques utilisés pour le calibrage du modèle exploratoire d'ASP des harengs reproducteurs d'automne de la Division 4R de l'OPANO / Weighted residuals (z "scores") at age of the acoustic surveys used to calibrate the exploratory SPA model of the fall spawning herring of NAFO Division 4R.

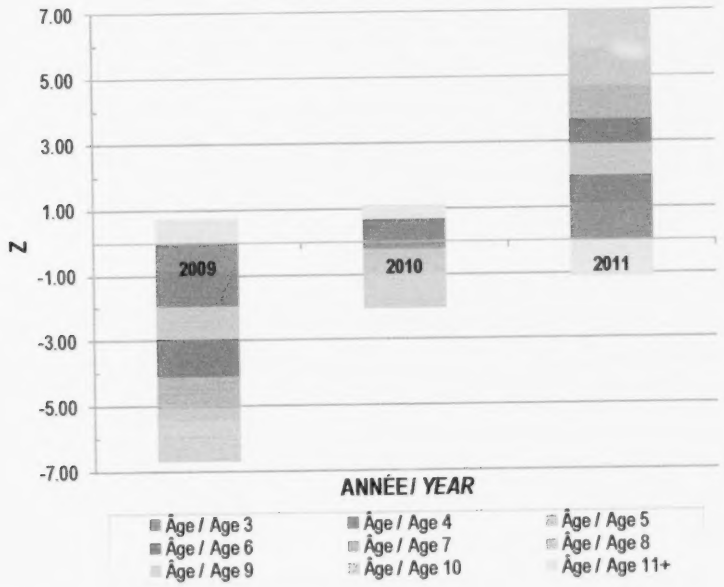

Figure 24. Résidus pondérés (z "scores") des relevés acoustiques utilisés pour le calibrage du modèle exploratoire d'ASP des harengs reproducteurs d'automne de la Division 4R de l'OPANO / Weighted residuals (z "scores") of the acoustic surveys used to calibrate the exploratory SPA model of the fall spawning herring of NAFO Division 4R.

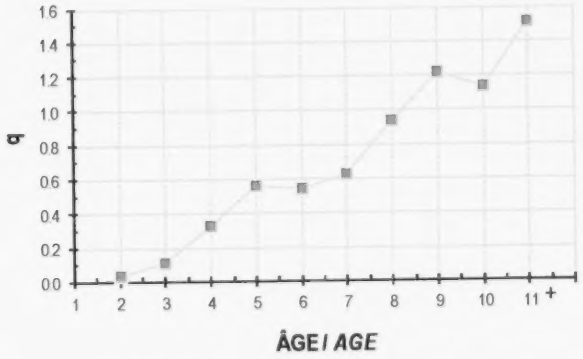

Figure 25. Coefficients de capturabilité à l'âge de l'indice des relevés acoustiques des harengs reproducteurs d'automne de la Division 4R de l'OPANO / Coefficients of catchability at age of the acoustic surveys index of the fall spawning herring of NAFO Division 4R.

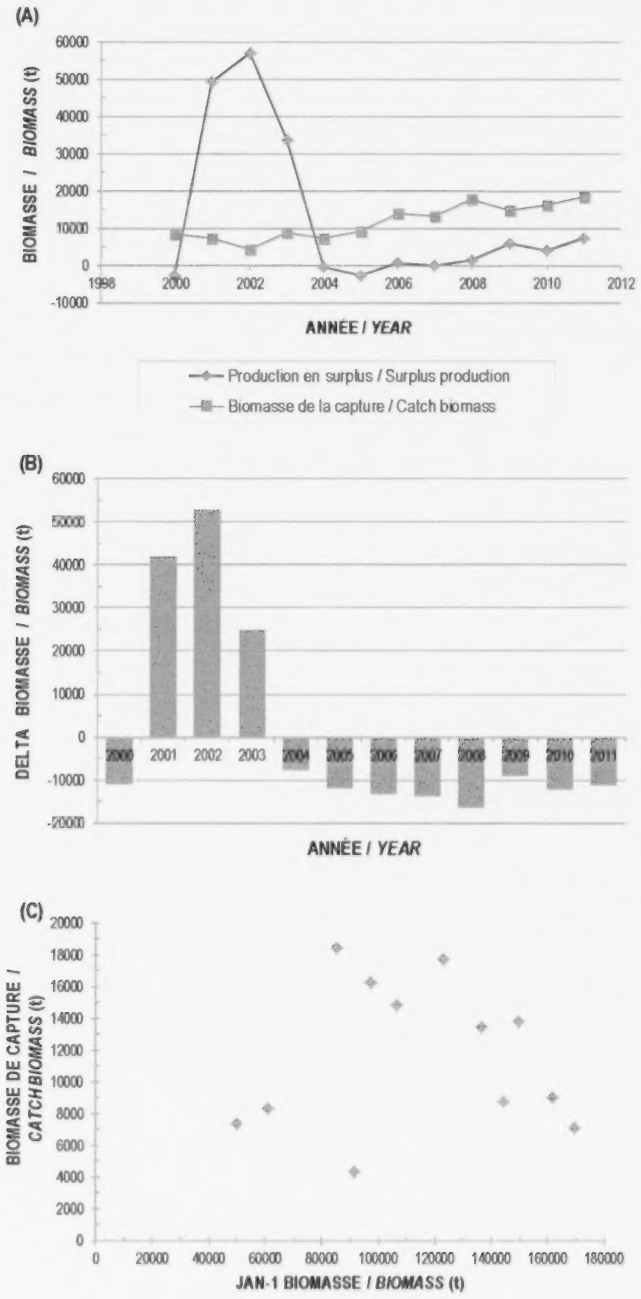

Figure 26. ASP exploratoire : Valeurs annuelles de la production (t) en surplus et de la biomasse (t) de la capture (A), delta biomasse (t) (B) et relation entre la biomasse (t) au 1er janvier et la biomasse (t) de la capture (C) des harengs reproducteurs d'automne de la Division 4R de l'OPANO / Exploratory SPA : Annual values of the surplus production (t) and catch biomass (t) (A), delta biomass (t) (B), and relationship between Jan 1st biomass (t) and catch biomass (t) (C) of the fall spawning herring of NAFO Division 4R.

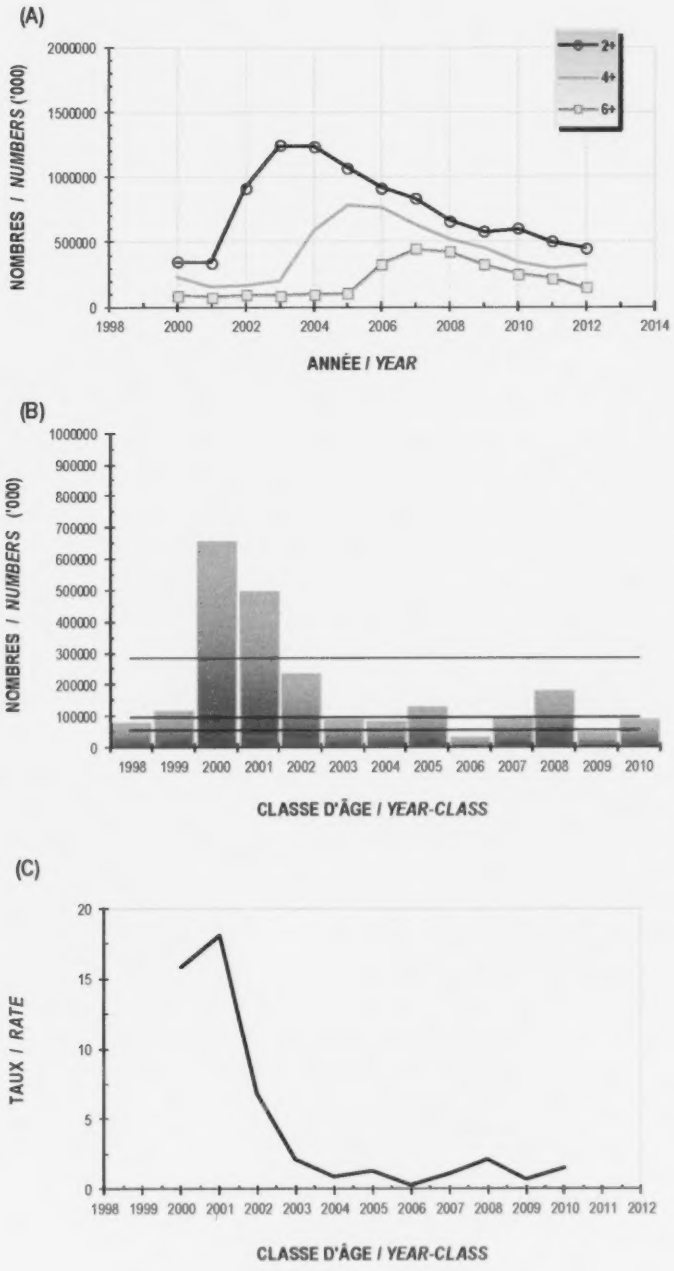

Figure 27. *ASP exploratoire : Abondance ('000) (A), recrutement à l'âge 2 (les lignes horizontales représentent 3 niveaux de recrutement: bas, moyen et élevé) (B) et taux de recrutement à l'âge 2 (C) des harengs reproducteurs d'automne de la Division 4R de l'OPANO) / Exploratory SPA : Abundance ('000) (A), recruitment at age 2 (the horizontal lines represent three levels of recruitment: low, average, and high) (B), and recruitment rate at age 2 (C) of the fall spawning herring of NAFO Division 4R.*

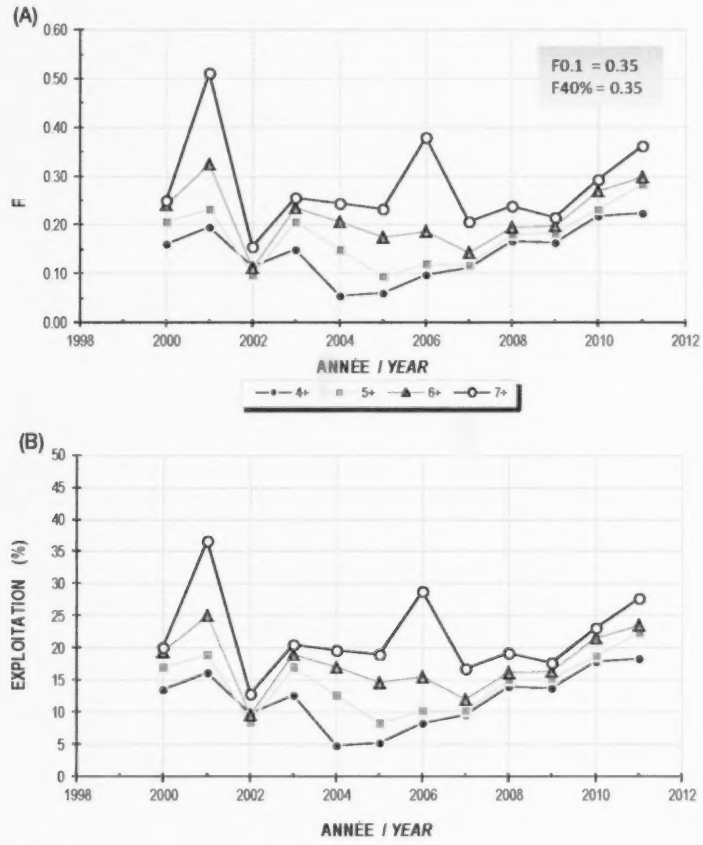

Figure 28. ASP exploratoire : Taux instantanés de mortalité par la pêche ($F_{0.1}$ et $F_{40\%}$ sont indiquées) (A) et taux d'exploitation (B) des harengs reproducteurs d'automne de la Division 4R de l'OPANO / Exploratory SPA : Instantaneous rate of fishing mortality ($F_{0.1}$ and $F_{40\%}$ are indicated) (A) and exploitation rate (B) of the fall spawning herring of NAFO Division 4R.

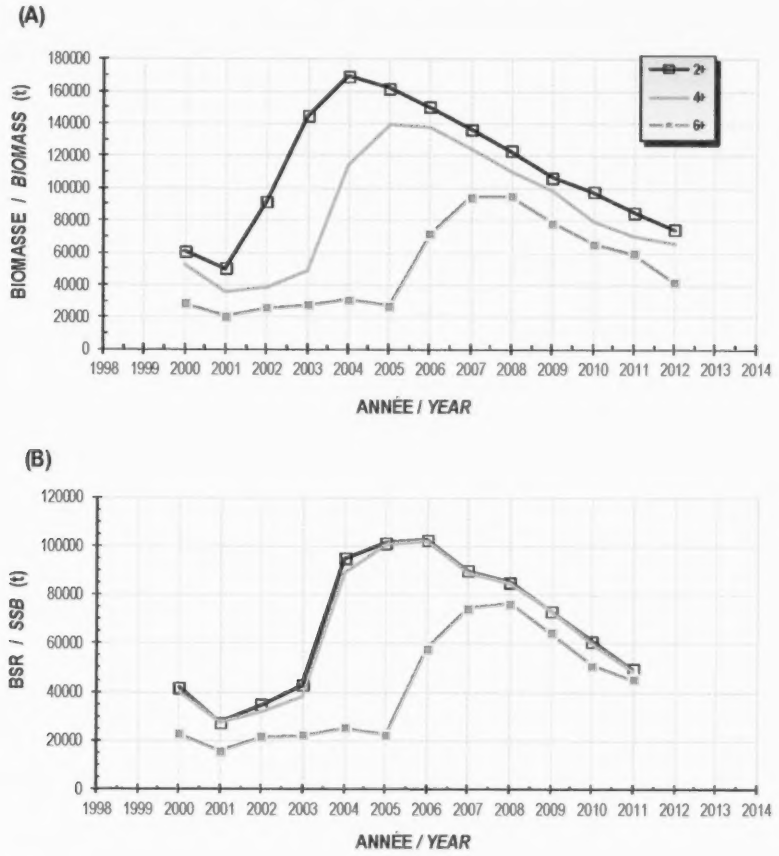

Figure 29. ASP exploratoire : Biomasse (t) (A) et biomasse reproductrice (BSR) (t) (B) pour différents groupes d'âge des harengs reproducteurs d'automne de la Division 4R de l'OPANO / Exploratory SPA : Biomass (t) (A) and spawning biomass (SSB) (t) (B) for different age groups of the fall spawning herring of NAFO Division 4R.

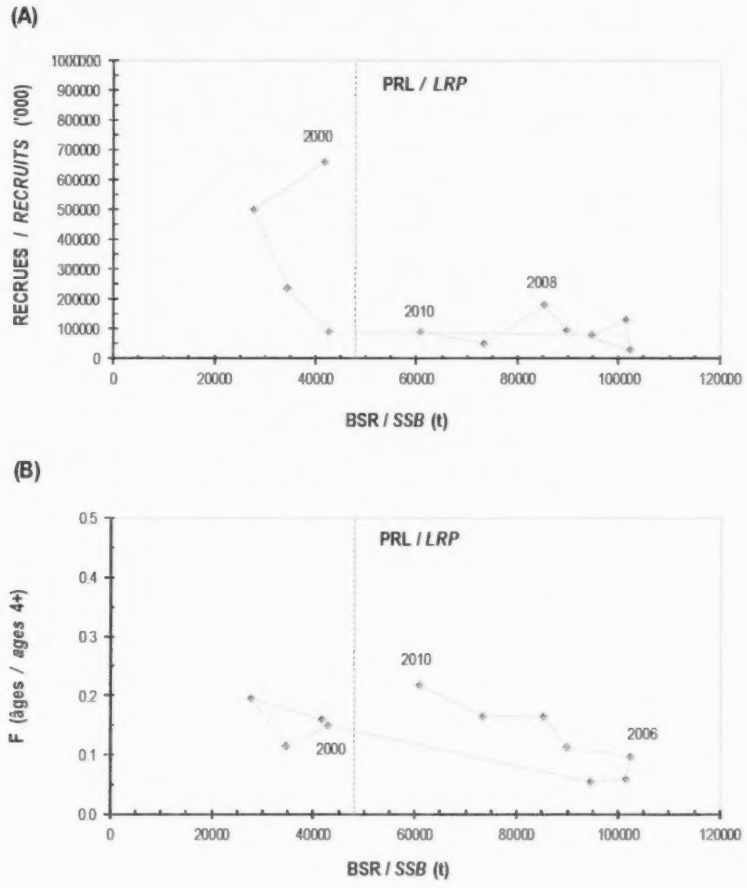

Figure 30. ASP exploratoire : Relations entre les recrues à l'âge 2 ('000) et la biomasse reproductrice (BSR) (t) (A) et entre le taux instantané de mortalité par la pêche et la biomasse reproductrice (BSR) (t) (B) des harengs reproducteurs d'automne de la Division 4R de l'OPANO (certaines années sont indiquées de même que le point de référence limite de la biomasse reproductrice -PRL- déterminé par McQuinn et al. 1999a) / Exploratory SPA : Relationships between recruits at age 2 ('000) and spawning stock biomass (SSB) (t) (A) and between instantaneous rate of fishing mortality and spawning stock biomass (SSB) (t) (B) of the fall spawning herring of NAFO Division 4R (some years are indicated as the spawning biomass lower reference point –LRP- determined by McQuinn et al. 1999a).

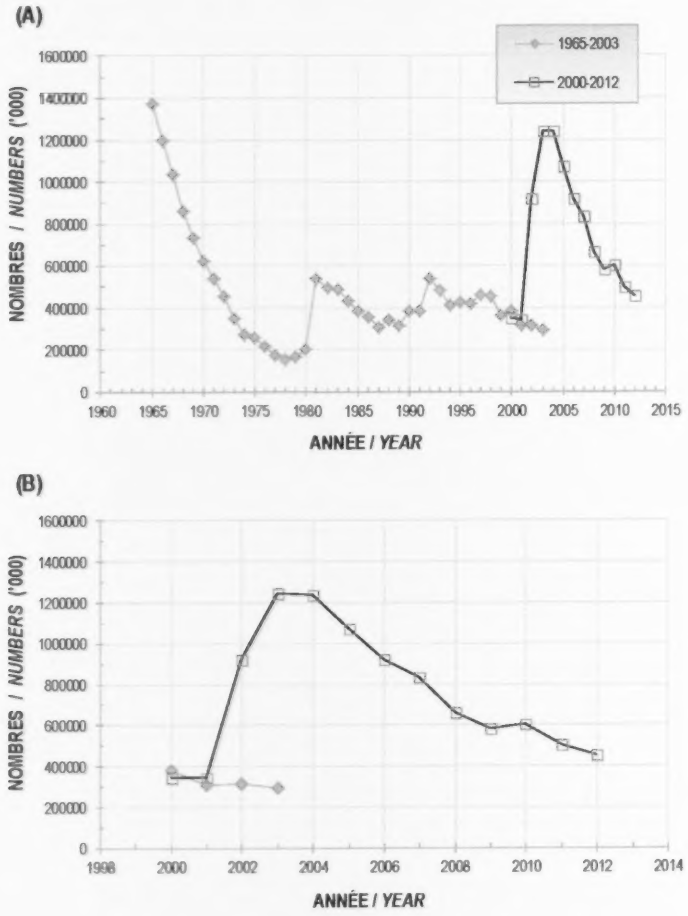

Figure 31. Comparaison entre les abondances ('000) (âges 2$^+$) des harengs reproducteurs d'automne de la Division 4R de l'OPANO calculées par le dernier modèle d'ASP (Grégoire et al. 2004a; 1965-2003) et par l'ASP exploratoire (2000-2012) utilisée dans la présente étude : (A) période 1965-2012 et (B) période 2000-2012 / Comparison between the abundances ('000) (ages 2$^+$) of the fall spawning herring of NAFO Division 4R calculated by the last SPA model (Grégoire et al. 2004a; 1965-2003) and by the exploratory SPA (2000-2012) used in this study : (A) 1965-2012 period and (B) 2000-2012 period.

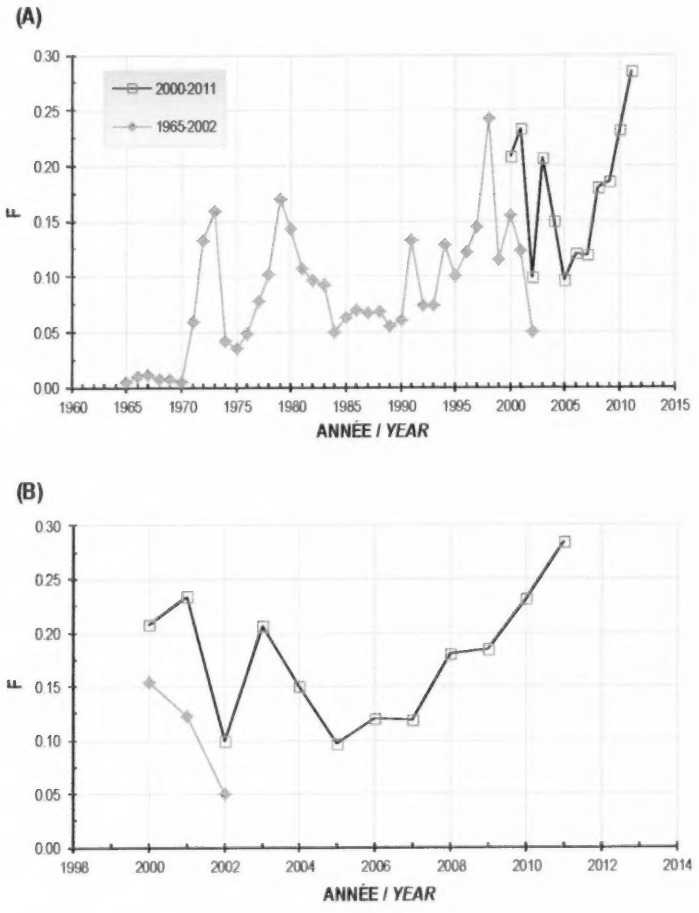

Figure 32. Comparaison entre les taux instantanés de mortalité par la pêche des harengs reproducteurs d'automne de la Division 4R de l'OPANO calculés par le dernier modèle d'ASP (Grégoire et al. 2004a; 1965-2002) et par l'ASP exploratoire (2000-2011) utilisée dans la présente étude : (A) période 1965-2011 et (B) période 2000-2011 / Comparison between the instantaneous rate of fishing mortality of the fall spawning herring of NAFO Division 4R calculated by the last SPA model (Grégoire et al. 2004a; 1965-2002) and by the exploratory SPA (2000-2011) used in this study : (A) 1965-2011 period and (B) 2000-2011 period.

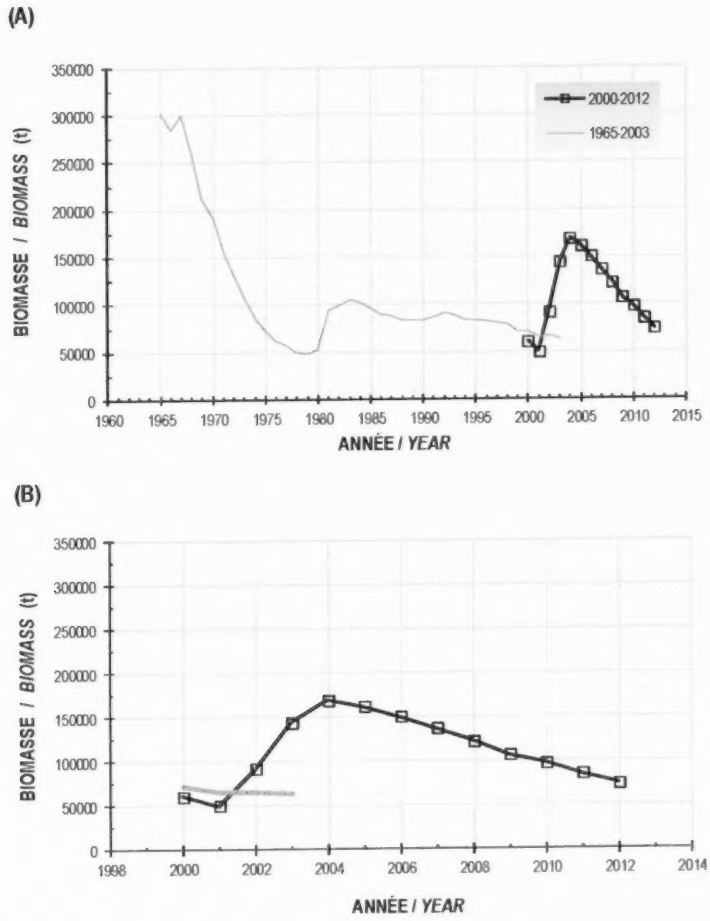

Figure 33. Comparaison entre les biomasses (t) des harengs reproducteurs d'automne de la Division 4R de l'OPANO) (âges 2^{+}) calculées par le dernier modèle d'ASP (Grégoire et al. 2004a; 1965-2003) et par l'ASP exploratoire (2000-2012) utilisée dans la présente étude : (A) période 1965-2012 et (B) période 2000-2012 / Comparison between the biomass (t) of the fall spawning herring of NAFO Division 4R (ages 2^{+}) calculated by the last SPA model (Grégoire et al. 2004a; 1965-2003) and by the exploratory SPA (2000-2012) used in this study : (A) 1965-2012 period and (B) 2000-2012 period.

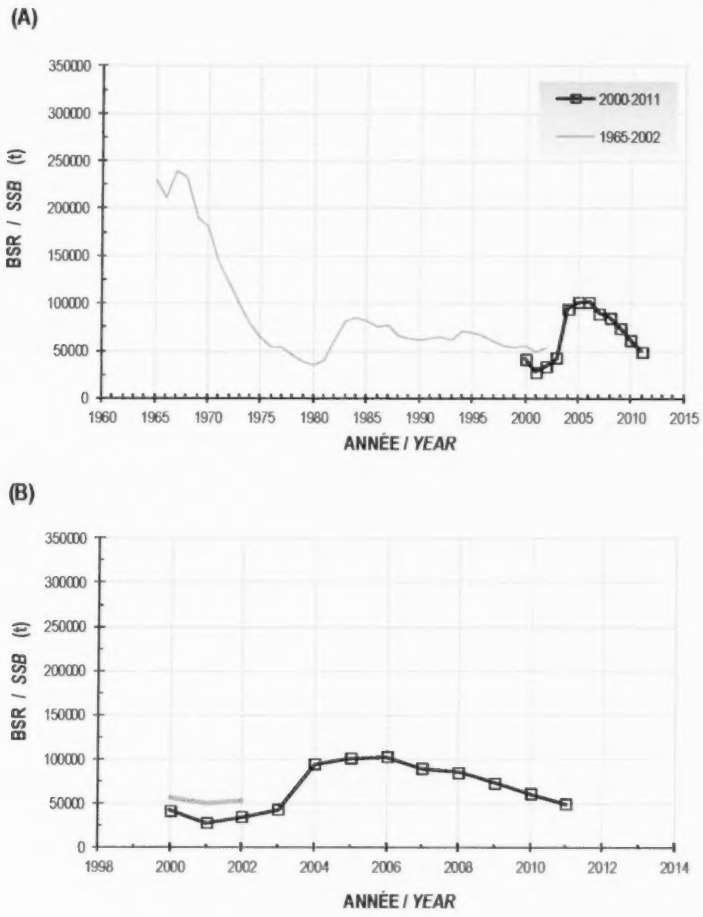

Figure 34. Comparaison entre les biomasses reproductrices (BSR) (t) des harengs reproducteurs d'automne de la Division 4R de l'OPANO (âges 2$^+$) calculées par le dernier modèle d'ASP (Grégoire et al. 2004a; 1965-2002) et par l'ASP exploratoire (2000-2011) utilisée dans la présente étude : (A) période 1965-2011 et (B) période 2000-2011 / Comparison between the spawning stock biomass (SSB) (t) of the fall spawning herring of NAFO Division 4R (ages 2$^+$) calculated by the last SPA model (Grégoire et al. 2004a; 1965-2002) and by the exploratory SPA (2000-2011) used in this study : (A) 1965-2011 period and (B) 2000-2011 period.

Annexe 1. Données d'entrée à l'analyse de rendement par recrue pour les harengs reproducteurs de printemps de la Division 4R de l'OPANO.

Appendix 1. Input data for the yield per recruit analysis for the spring spawning herring of NAFO Division 4R.

ÂGE / *AGE*	SÉLECTIVITÉ [1] SUR LA MORTALITÉ PAR LA PÊCHE / *SELECTIVITY [1] ON FISHING MORTALITY*	SÉLECTIVITÉ SUR LA MORTALITÉ NATURELLE (M=0.2) / *SELECTIVITY ON NATURAL MORTALITY (M=0.2)*	POIDS [2] (kg) DE LA POPULATION / *STOCK WEIGHT [2] (kg)*	POIDS [3] DE LA CAPTURE (kg) / *CATCH WEIGHT [3] (kg)*	POIDS [2] (kg) DE LA POPULATION REPRODUCTRICE / *SPAWNING STOCK WEIGHT [2] (kg)*	PROPORTION MATURE [4] / *FRACTION MATURE [4]*
2	0.007	1	0.122	0.122	0.122	0.012
3	0.053	1	0.144	0.142	0.144	0.060
4	0.137	1	0.159	0.213	0.159	0.364
5	0.336	1	0.229	0.209	0.229	0.891
6	0.680	1	0.255	0.247	0.255	0.986
7	0.888	1	0.278	0.278	0.278	0.999
8	0.936	1	0.303	0.292	0.303	1.000
9	0.867	1	0.317	0.320	0.317	1.000
10	0.867	1	0.341	0.345	0.341	1.000
11+	0.867	1	0.361	0.368	0.361	1.000

[1] F 5+, moyenne / *average* 2007-2011
[2] Moyenne / *Average* 2007-2011
[3] Moyenne / *Average* 2007-2011
[4] Moyenne / *Average* 2007-2011

Annexe 2. Données d'entrée à l'analyse de rendement par recrue pour les harengs reproducteurs d'automne de la Division 4R de l'OPANO.

Appendix 2. Input data for the yield per recruit analysis for the fall spawning herring of NAFO Division 4R.

ÂGE / *AGE*	SÉLECTIVITÉ [1] SUR LA MORTALITÉ PAR LA PÊCHE / *SELECTIVITY [1] ON FISHING MORTALITY*	SÉLECTIVITÉ SUR LA MORTALITÉ NATURELLE (M=0.2) / *SELECTIVITY ON NATURAL MORTALITY (M=0.2)*	POIDS [2] (kg) DE LA POPULATION / *STOCK WEIGHT [2] (kg)*	POIDS [3] DE LA CAPTURE (kg) / *CATCH WEIGHT [3] (kg)*	POIDS [2] (kg) DE LA POPULATION REPRODUCTRICE / *SPAWNING STOCK WEIGHT [2] (kg)*	PROPORTION MATURE 4 / *FRACTION MATURE [4]*
2	0.005	1	0.122	0.070	0.122	0.014
3	0.065	1	0.144	0.117	0.144	0.068
4	0.270	1	0.159	0.156	0.159	0.313
5	0.324	1	0.229	0.188	0.229	0.765
6	0.433	1	0.255	0.215	0.255	0.944
7	0.708	1	0.278	0.236	0.278	0.989
8	0.890	1	0.303	0.258	0.303	0.998
9	1.000	1	0.317	0.275	0.317	1.000
10	1.000	1	0.341	0.296	0.341	1.000
11+	1.000	1	0.361	0.329	0.361	1.000

[1] F 5+, moyenne / *average* 2007-2011
[2] Moyenne / *Average* 2007-2011
[3] Moyenne / *Average* 2007-2011
[4] Moyenne / *Average* 2007-2011